

***Universidade Federal do Espírito Santo  
Centro Tecnológico  
Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental***

***Monica Pertel***

***Caracterização do Uso da Água e da Energia  
Associada à Água em uma Edificação  
Residencial Convencional e uma Dotada de  
Sistema de Reúso de Águas Cinza***

***Vitória, julho de 2009.***

*Monica Pertel*

*Caracterização do Uso da Água e da Energia  
Associada à Água em uma Edificação  
Residencial Convencional e uma Dotada de um  
Sistema de Reúso de Águas Cinza*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves.

*Vitória, julho de 2009.*

**Monica Pertel**

***Caracterização do Uso da Água e da Energia  
Associada à Água em uma Edificação  
Residencial Convencional e uma Dotada de  
um Sistema de Reúso de Águas Cinza***

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisição parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada em 9 de julho de 2009.

---

**Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves.**  
*Orientador - UFES*

---

**Prof. Dra. Rosane Hein de Campos**  
*Examinadora Interna - UFES*

---

**Prof. Dra. Lucia Helena de Oliveira**  
*Examinadora Externa - USP*

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

P468c Pertel, Monica, 1982-  
Caracterização do uso da água e da energia associada à  
água em uma edificação residencial convencional e uma dotada  
de um sistema de reúso de águas cinza / Monica Pertel. – 2009.  
104 f. : il.

Orientador: Ricardo Franci Gonçalves.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito  
Santo, Centro Tecnológico.

1. Água - Reutilização. 2. Água - Conservação. 3. Água -  
Consumo. 4. Energia - Conservação. 5. Água cinza. I.  
Gonçalves, Ricardo Franci. II. Universidade Federal do Espírito  
Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

---



Aos meus pais,  
Oswaldo e Adélia, e  
ao meu irmão Marcos.

“Se podes olhar, vê. Se podes ver, repara.”

(Ensaio sobre a cegueira – José Saramago)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por estar sempre comigo;

Aos meus pais Osvaldo e Adelia, que não mediram esforços para minha formação, meus exemplos de toda uma vida;

Ao meu irmão Marcos, pelo carinho incondicional, por me apoiar sempre e por acreditar em mim;

À minha família em Vitória, minha irmã de coração Mirian e a pequena Cecília que veio encher nossas vidas de felicidade...vocês são muito importantes pra mim;

Ao meu orientador Ricardo Franci Gonçalves, por toda confiança em mim depositada;

Aos professores e amigos do departamento de engenharia elétrica: Jussara Fardim, Domingos Simonetti e Paulo Menegás, pela essencial ajuda com o monitoramento de energia e pela paciência;

Ao professor de instalações prediais Jair Cassagrande, que sempre esteve presente ajudando muito nesta pesquisa;

Ao professor do departamento de estatística: Adelmo Bertoldi, por todo ao apoio no tratamento dos dados;

Às grandes companheiras de projeto Larisse Brunoro Grecco, Patrícia Basseto da Silva, Natália Araújo Dias e Josiane Guss, sem as quais tudo seria mais difícil;

Às amigas de mestrado “do prédio” Renata Spinasse Dela Valentina e Laila de Oliveira Vaz pelo companheirismo e cumplicidade na pesquisa;

Aos super especiais voluntários: Carlos, Rodolfo e Raphael, que ajudaram muito na coleta de dados;

Às amigas da ETE e do LABSAN, Priscilla, Thais, Camila, Rosane e Rosilene, por todas as alegrias compartilhadas no nosso dia-a-dia juntas, uma amizade para a vida toda;

À Cristina, que melhora nosso dia com sua alegria contagiante;

Ao meu grande amigo Renato Prata de Moraes Frasson pela ajuda com a parte estatística, com as traduções e artigos e pela amizade sempre presente apesar da distância;

Ao amigo Bruno Fernandes pela ajuda com a parte de eletrônica e por sua paciente amizade;

Ao amigo Narubi Abe pelos artigos e por escutar minhas lamentações pacientemente;

Aos meus anjos da guarda, Luciano (Tetê) e Oberdam que estiveram sempre comigo nos momentos bons e principalmente nos momentos complicados do último ano;

Aos condôminos dos Edifícios José Paulino e Royal Blue, em especial aos síndicos, porteiros e zeladores, que contribuíram diariamente para a realização dessa pesquisa;

Ao amigo Veiga (bombeiro hidráulico) pela providencial ajuda com os hidrômetros e com a parte hidráulica em geral;

À Fluir engenharia, em especial à Eng. Giovana, por todo apoio dado à pesquisa;

Às construtoras MAZZINI Gomes e LORENTE pela parceria neste projeto;

Ao CNPq pela bolsa de mestrado;

Ao PROSAB pelo financiamento da pesquisa.

## **Resumo**

A busca pela sustentabilidade no meio urbano compreende o uso das mais variadas práticas possíveis de conservação dos recursos como água e energia. Nesse sentido, a parcela referente ao consumo de água e energia nas residências é estratégica para a concepção de programas de conservação desses recursos em áreas urbanas, visto que o consumo residencial é responsável por uma grande parcela do consumo urbano, chegando a cerca de 80% em Minas Gerais. Visando avaliar um método de conservação de água, esse trabalho avaliou quantitativamente a economia gerada em uma edificação dotada de um sistema de reúso de águas cinza quando comparada a uma edificação com sistema hidrossanitário convencional. O monitoramento foi realizado de fevereiro a setembro de 2007 no edifício convencional e de fevereiro a setembro de 2008 naquele com sistema reúso de águas cinza, por meio de leituras diárias, sempre às 8h, de todos os hidrômetros e medidores de energia, além do levantamento de perfis de consumo de 24h. O consumo energético das bombas de recalque foi medido por meio eletrônico com a instalação de um analisador de energia. O consumo de água, avaliado através de perfis horários e dos indicadores *per capita*, por área e por dormitório, foi consistentemente mais elevado no edifício convencional, havendo um maior consumo nos meses de inverno nas duas edificações. Cerca de 32% da água cinza produzida são aproveitados como água de reúso na edificação, sendo que o volume de água de reúso utilizado é cerca de 22% do consumo total na edificação. Em termos energéticos, no edifício convencional o consumo das bombas de recalque foi de cerca de 8% do total de energia consumida. No dotado de reúso o consumo foi de 7% do total de energia consumida, sendo que 3% das bombas de água potável e 4% das bombas de reúso. Os valores altos de consumo energético das bombas sugerem uma maior atenção aos projetos de bombeamento. Foi observado

um indicador de 1,40kWh/m<sup>3</sup> para o edifício convencional e de 0,88kWh/m<sup>3</sup> para o dotado de reúso. A avaliação de perdas realizada por meio da setorização permitiu inferir que há, possivelmente um vazamento de cerca de 1,88m<sup>3</sup>/dia invisível na edificação dotada de reúso antes do reservatório superior. Foi observado erros de medição nos hidrômetros das colunas de abastecimento para pequenas vazões. Não foram observados vazamentos nos apartamentos. Os resultados demonstram a importância do reúso como forma de conservação de água potável e de redução do esgoto sanitário.

**PALAVRAS CHAVE:** Conservação de água; Indicadores de consumo; Água cinza; Perdas.

## Abstract

The pursuit of urban sustainability entails the most diverse water and energy conservation praxes. In this context, the rational use of water and energy by residential buildings plays a strategic role in the conception of natural resources conservation programs in urban areas, since the residential usage is responsible for as much as 80% in Minas Gerais, Brazil. Seeking the evaluation of a water conservation method, the present work examined quantitatively the economic gain generated in a residential building outfitted with a gray water reuse system opposed to a building with conventional hydro-sanitary system. Data was collected from February to September of 2007 in the conventional building and from February to September of 2008 in the one equipped with the gray water reuse system. Data collection comprises daily readings, at 8:00 a.m., of the water and electricity consumption, as well as the 24h usage profile. The water pump electrical consumption was measured by an electronic gauge, installed on each pump. Based on the hourly usage profiles, per capita, per area and per bedroom, the water usage was consistently higher in the conventional building and more intense over the winter in both buildings. Approximately 32% of the produced gray water was diverted and reused, representing 22% of the total water consumption in the building. In terms of the electrical usage, the water pumps installed in the conventional residential building represented 8% of the total spent energy, while in the building outfitted with the gray water reuse system, it accounted for 7% of the total, from which 3% were used on the drinking water pumping system and 4% in the gray water system. The high electrical usage by the pumps suggests that the water systems should be more carefully designed. Energy consumption per cubic meter of conveyed water of 1,40kWh/m<sup>3</sup> was observed in the conventional building, while in the one

equipped with gray water reuse systems, a lower value of  $0.88\text{kWh/m}^3$  was observed. The evaluation of water losses carried out by building sections, allowed the identification of a leakage of  $1,88\text{m}^3/\text{day}$ , in the building equipped with the gray water reuse system invisible by other means. Errors in the water flow meter were observed at low flow conditions. No evident leakages were observed inside the residences. The results show the potential of gray water reuse as water conservation and waste water reduction praxes.

**Keywords:** Water conservation; Usage indicators; Gray water; losses.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

Figura 1: Aspectos relativos à escassez de água no mundo .....	24
Figura 2: Relação entre distribuição de água e a população nas regiões brasileiras .....	25
Figura 3: Ciclo urabano da água.....	266
Figura 4: Percentual de hidrometração.....	30
Figura 5: Perdas físicas na rede .....	31
Figura 6: Volume não faturado.....	31
Figura 7: Esquema de uma estação de tratamento de águas cinza – ETAC.....	36
Figura 8: Abastecimento direto .....	37
Figura 9: Abastecimento indireto .....	37
Figura 10: Projeto hidro-sanitário de esgoto da edificação da UFES.....	37

Figura 11: Isométrico de água da edificação da UFES .....	38
Figura 12: Análise de dispersão dos rendimentos do Município de Vitória .....	39
Figura 13: Configuração típica de um sistema público de abastecimento de água .....	45

## Capítulo 2

Figura 1: Aspectos relativos à edificação convencional.....	55
Figura 2: Série histórica do consumo de água – Hidrômetro Geral .....	58
Figura 3: Relação entre o volume medido nas colunas e o volume consumido na edificação.....	59
Figura 4: Perfil de consumo de água em 24h – Verão.....	60
Figura 5: Perfil de consumo de água em 24h – Inverno .....	60
Figura 6: Consumo semanal <i>per capita</i> .....	60
Figura 7: Consumo mensal <i>per capita</i> .....	60
Figura 8: Setorização do consumo de água.....	63
Figura 9: Setorização do consumo de energia.....	63

## Capítulo 3

Figura 1: Aspectos relativos à edificação Dotada de reúso.....	68
Figura 2: ETAC em escala real instalada na edificação.....	68
Figura 3: Série histórica do consumo de água – Hidrômetro Geral .....	70
Figura 4: Relação entre o volume medido nas colunas e o volume consumido na edificação.....	71
Figura 5: Perfil de consumo de água em 24h – Verão.....	71
Figura 6: Perfil de consumo de água em 24h – Inverno .....	71
Figura 7: Consumo semanal <i>per capita</i> .....	72
Figura 8: Consumo mensal <i>per capita</i> .....	72
Figura 9: Setorização do consumo de energia para o edifício Dotado de reúso.....	75

## Capítulo 4

Figura 1: Aspectos relativos à edificação Dotada de reúso.....	80
Figura 2: ETAC em escala real instalada na edificação.....	80
Figura 3: Fluxograma de funcionamento da ETAC.....	82
Figura 4: Oferta e demanda <i>per capita</i> de água de reúso para a edificação.....	84
Figura 5: Consumo <i>per capita</i> de água potável e água de reúso na edificação.....	85
Figura 6: Setorização do consumo de água potável e água de reúso (m <sup>3</sup> /dia) para a edificação dotada de reúso.....	85

## **Anexos**

Anexo 1: Esquema da distribuição dos hidrômetros – Edificação convencional (Colunas e individuais).....	93
Anexo 2: Esquema da distribuição dos hidrômetros – Edificação convencional (Lazer e Geral).....	95
Anexo 3: Esquema da distribuição dos hidrômetros – Edificação com reúso.....	96
Anexo 4: Sumário de dados processados do hidrômetro Geral da edificação convencional (m <sup>3</sup> /dia).....	97
Anexo 5: Sumário de dados processados da soma dos hidrômetro individuais da edificação convencional (m <sup>3</sup> /dia).....	99
Anexo 6: Sumário de dados processados do hidrômetro Geral da edificação com reúso (m <sup>3</sup> /dia).....	101
Anexo 7: Sumário de dados processados da soma dos hidrômetro individuais da edificação com reúso (m <sup>3</sup> /dia).....	103

## **LISTA DE TABELAS**

### **Capítulo 1**

Tabela1: Distribuição do consumo de água em edifícios domiciliares.....	28
Tabela2: Cidades brasileiras e respectivas legislações de medição individualizada de água em condomínios.....	33
Tabela 3: Classificação socioeconômica dos bairros de Vitória – Renda em SM*.....	39

Tabela 4: Melhores bairros de Vitória.....	41
Tabela 5: Especificações técnicas de medidores de água.....	43
Tabela 6: Setorização dos gastos energéticos em residências típicas para as regiões brasileiras.....	46

## **Capítulo 2**

Tabela1: Pontos de consumo de água potável.....	56
Tabela2: Comparativo dos indicadores de consumo <i>per capita</i> , por dormitório e por área do Edifício convencional.....	61
Tabela 3: Comparativo entre o consumo <i>per capita</i> dos apartamentos.....	62

## **Capítulo 3**

Tabela1: Pontos de consumo de água potável e não potável.....	69
Tabela2: Comparativo dos indicadores de consumo <i>per capita</i> , por dormitório e por área do Edifício convencional e do Edifício dotado de reúso de águas cinza.....	73
Tabela 3: Comparativo entre o consumo <i>per capita</i> dos apartamentos.....	74

## **Capítulo 4**

Tabela1: Pontos de consumo de água potável e não potável.....	81
Tabela2: Total de acessórios que utilizam água potável ou não potável .....	81
Tabela 3: Balanço hídrico da edificação.....	83
Tabela 4: Comparativo dos coeficientes de retorno.....	83

## **LISTA DE QUADROS**

### **Capítulo 1**

Quadro 1: Consumo específico de energia elétrica nos sistemas.....	48
--	----

## Capítulo 2

Quadro 1: Lista de símbolos.....	55
----------------------------------	----

### LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
BASC	Edifícios dotados de bacia sanitária caixa de descarga acoplada
CE	Consumo Específico de energia elétrica
CEN	Consumo Específico Normalizado de energia elétrica
CESAN	Companhia Espírito Santense de Saneamento
CMHC	Canada Mortgage and Housing Corporation
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
cv	Cavalo-vapor

°C	Grau Celsius
DTA	Documento Técnico de Apoio
DEC	Decantador
E1	Energia em excesso por volume de água entrada nos sistema
E2	Energia em excesso por volume de água faturada
E3	Economia de energia
E4	Energia em excesso por volume de água perdida real
EPA	Agência de Proteção Ambiental
ES	Espírito Santo
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETAC	Estação de Tratamento de Águas Cinza
FBAS	Filtro Biológico Aerado Submerso
FT	Filtro Terciário
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
G1	Garagem um
G2	Garagem dois
GSM	Sistema Global para Comunicação Móvel
Hz	Hertz
hab	Habitante
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IAA	Indicador de Abastecimento de Água
IARB	Indicador de Arborização
IAV	Indicador de Área Verde
ICA	Indicador de Condição Atmosférica
ICOM	Indicador de Comunicação
ICRS	Indicador de Coleta de Resíduos Sólidos
IDP	Indicador de Drenagem Pluvial
IEE	Indicador de Energia Elétrica
IES	Indicador de Esgoto Sanitário
IIES	Indicador de Infra-Estrutura Social

IIP	Indicador de Iluminação Pública
IM	Indicador de Mobilidade
IPAV	Indicador de Pavimentação
IPD	Indicador de Padrão Domiciliar
IQAU	Indicador de Qualidade Ambiental Urbana
IT	Indicador de Transporte
IV	Indicador de Variação
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IWMI	International Water Management Institute
K1	Coefficiente do dia de maior consumo no ano
K2	Coefficiente da hora de maior consumo
km	Quilômetro
kWh	Quilowatt-hora
kWh/m <sup>3</sup>	Quilowatt-hora por metro cúbico
L	Litro
L/h	Litros por hora
L/dormitório.dia <sup>-1</sup>	Litros por dormitório por dia
L/hab.dia <sup>-1</sup>	Litros por habitante por dia
L/m <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup>	Litros por metro quadrado por dia
L/s	Litros por segundo
LABSAN	Laboratório de Saneamento da UFES
LAO	Liceu de Artes e Ofícios
LEED	Liderança em Energia e Design Ambiental
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
m <sup>3</sup> /dia	Metro cúbico por dia
m <sup>3</sup> /h	Metro cúbico por hora
min	Mínimo

max	Máximo
mm	Milímetro
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
PURA	Programa de Uso Racional da Água
PROAGUA	Programa de Desenvolvimento de Recursos Hídricos para o Semi-Árido Brasileiro
$Q_n$	Vazão nominal
$R^2$	Coefficiente de determinação
RAC	Reator Anaeróbio Compartimentado
SP	São Paulo
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SECO	Edifícios sem dispositivos economizadores
SIMIC	Edifícios dotados de bacias sanitárias com caixa de descarga acoplada e sistema de medição individualizada do consumo de água
SNIS	Sistema Nacional de Informações em Saneamento
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
USEPA	Agência Americana de Proteção Ambiental
USP	Universidade de São Paulo
UNICAMP	Universidade de Campinas
W.C.	Vaso sanitário
“	Polegada
%	Porcentagem

# SUMÁRIO

## Capítulo 1

1	<i>INTRODUÇÃO</i> .....	22
2	<i>OBJETIVOS</i> .....	23
2.1	<b>Objetivo geral</b> .....	23
2.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	23
3	<i>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</i> .....	24
3.1	<b>Escassez de água</b> .....	24
3.2	<b>Consumo urbano da água</b> .....	26
3.3	<b>Consumo residencial</b> .....	27
3.3.1	Distribuição do consumo residencial.....	28
3.4	<b>Uso racional da água</b> .....	29
3.4.1	Indicadores de consumo de água.....	29
3.4.2	Perdas .....	30
3.4.3	Dispositivos economizadores .....	32
3.4.4	Medição individualizada.....	32
3.5	<b>Conservação de água potável</b> .....	33
3.5.1	Fontes alternativas de água.....	33
3.5.1.1	Água de chuva .....	34
3.5.1.2	Água subterrânea .....	34
3.5.1.3	Reúso .....	34
3.6	<b>Águas cinza</b> .....	35
3.7	<b>Sistemas prediais</b> .....	366
3.8	<b>Enquadramento do Bairros de Vitória – qualidade de vida</b> .....	38
3.9	<b>Sistemas de monitoramento</b> .....	41
3.10	<b>Micromedição</b> .....	42
3.10.1	Principais tipos de medidores .....	42
3.11	<b>Consumo de energia atrelada à água</b> .....	43
3.11.1	Consumo de energia pelo sistema de bombeamento.....	44
3.11.2	Consumo de energia em sistemas prediais.....	45
3.11.3	Indicadores de consumo energético.....	46
4	<i>REFERÊNCIAS</i> .....	47

## Capítulo 2

1	<i>INTRODUÇÃO</i> .....	54
2	<i>MATERIAL E MÉTODOS</i> .....	55
2.1	<b>Considerações gerais</b> .....	55
2.2	<b>Monitoramento do consumo</b> .....	56
2.3	<b>Detecção de vazamentos</b> .....	57
2.4	<b>Tratamento dos dados</b> .....	57
3	<i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i> .....	58
3.1	<b>Consumo</b> .....	58
3.2	<b>Indicador de consumo</b> .....	61
3.3	<b>Setorização do consumo de energia</b> .....	62
4	<i>CONCLUSÃO</i> .....	63
5	<i>REFERÊNCIAS</i> .....	64

## Capítulo 3

1	<i>INTRODUÇÃO</i> .....	67
2	<i>MATERIAL E MÉTODOS</i> .....	67
2.1	<b>Considerações gerais</b> .....	67
2.2	<b>Monitoramento do consumo</b> .....	70
2.3	<b>Tratamento dos dados</b> .....	70
3	<i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i> .....	70
3.1	<b>Consumo</b> .....	70
3.2	<b>Indicador de consumo</b> .....	73
3.3	<b>Setorização do consumo de energia</b> .....	74
4	<i>CONCLUSÃO</i> .....	75
5	<i>REFERÊNCIAS</i> .....	76

## Capítulo 4

1	<i>INTRODUÇÃO</i> .....	79
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	79
2.1	<b>Considerações gerais</b> .....	<b>79</b>
2.2	<b>Tratamento dos dados</b> .....	<b>82</b>
3	<i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i> .....	83
3.1	<b>Balço hídrico</b> .....	<b>83</b>
3.2	<b>Oferta e demanda</b> .....	<b>84</b>
3.3	<b>Setorização do consumo de água potável e água de reúso no edifício</b> .....	<b>85</b>
4	CONCLUSÃO.....	86
5	<i>REFERÊNCIAS</i> .....	86

## Capítulo 5

1	DISCUSSÃO GERAL.....	88
2	CONCLUSÃO GERAL .....	90
3	<i>RECOMENDAÇÕES</i> .....	91
	ANEXOS.....	92

## Capítulo 1

---

### 1. Introdução

A água é um dos mais importantes recursos naturais, fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial. Sua disponibilidade é uma contínua preocupação, em função, principalmente, do crescimento populacional, das incertezas a respeito dos fatores climáticos e da crescente poluição dos mananciais ainda disponíveis. O PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, (Programa financiado pelo orçamento geral da União) busca soluções tecnológicas para o combate ao desperdício de água nas cidades brasileiras, destaca a necessidade de implementar métodos de economia baseados em ações tecnológicas, institucionais e educacionais.

No Brasil, o consumo de água para fins urbanos corresponde a cerca de 21% da demanda total (ANA e FIESP, 2005), e cerca de 50% desse consumo corresponde ao residencial. Na região metropolitana de São Paulo apenas o consumo residencial é responsável por cerca de 84% com indicadores de consumo de aproximadamente 385L/hab.dia<sup>-1</sup> (ILHA et al., 2000). Na Grande Vitória, a porcentagem aumenta para 85% (CESAN 2002 e 2003) e o indicador de consumo é de 223L/hab.dia<sup>-1</sup> (RODRIGUES 2005). Indicadores bem acima do recomendado pela ONU 110L/hab.dia<sup>-1</sup>.

Nesse contexto, é de fundamental importância o desenvolvimento de pesquisas que visem à racionalização do uso da água por meio de técnicas e procedimentos que resultem em conservação, sem que haja comprometimento dos usos fundamentais que mantêm as áreas urbanas, ou seja, um equilíbrio entre a oferta e demanda para garantir a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social (GONÇALVES, et al., 2006). Para esse fim os programas de conservação constituem-se em importantes ferramentas, compreendendo ações que resultam em economia nos domicílios, nas redes do sistema de abastecimento e nos mananciais, atingindo assim os níveis micro, meso e macro respectivamente (OLIVEIRA, 1999).

Associados à conservação de água, é necessária a aplicação de métodos e sistemas alternativos como o reúso, gestão da demanda, redução e controle de perdas e diminuição da geração de efluentes. A medição individualizada também se destaca como prática conservacionista, apontando uma redução no consumo de até 25% (ANA e FIESP, 2005). Além de influenciar na redução do consumo de água, a redução das perdas e o uso racional atuam diretamente no custo de energia elétrica, visto que, com a diminuição do volume de água recalcada e o uso racional, haverá uma diminuição no consumo de energia elétrica (TSUTYIA, 2001).

Relacionada à gestão da demanda, a prática do reúso de águas servidas que não possuem contribuição fecal, se mostra como uma alternativa para atender demandas que não exigem o uso de uma água nobre. Essas águas, conhecidas como águas cinza são aquelas residuárias provenientes do uso de lavatórios, chuveiros, banheiras, máquinas de lavar roupa e tanque (JEFFERSON et al., 1999), e seriam empregadas nas descargas na bacia sanitária, rega de jardins e limpeza de áreas externas e automóveis. Devido à presença de óleos e gorduras, alguns autores não consideram como água cinza o efluente das pias de cozinha (NOLDE, 1999).

Desde 2004, a Universidade Federal do Espírito Santo - UFES desenvolve pesquisas com reúso de águas cinza, apresentando resultados consistentes com o emprego de tecnologia de baixo custo. Essas pesquisas se alinham com a busca para o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para a adoção do reúso de águas, onde se destacam, em âmbito nacional, as pesquisas do Programa de Saneamento Básico (PROSAB), financiadas principalmente pela FINEP, pelo CNPq e pela CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. No âmbito do PROSAB, a UFES se insere na rede 5, que além de pesquisas com reúso de águas cinza, desenvolve pesquisas com conservação de água e energia nos setores públicos e privados, uso de fontes alternativas como o aproveitamento de água de chuva e saneamento ecológico.

Este trabalho pretende contribuir com as pesquisas conservação do uso da água por meio da caracterização do uso da água e da energia atrelada ao consumo de água em duas edificações de alto padrão de Vitória – ES, sendo uma convencional e uma dotada de reúso de águas cinza. A conservação será mensurada por meio da economia de água potável gerada devido ao uso de água de reúso na edificação. Os consumos de ambas edificações serão comparados para apuração do impacto do reúso na economia de água. Serão objetivo de avaliação as séries históricas de consumo de água e energia registradas durante dois anos de coletas de dados da pesquisa.

## **2. Objetivos**

### ***2.1. Geral***

Caracterizar o uso da água e da energia atrelada à água em uma edificação residencial multifamiliar dotada de um sistema hidrossanitário (convencional) e comparar os resultados com os obtidos em uma edificação multifamiliar dotada de um sistema de reúso de águas cinza.

### ***2.2. Objetivos específicos***

Para a consecução do objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

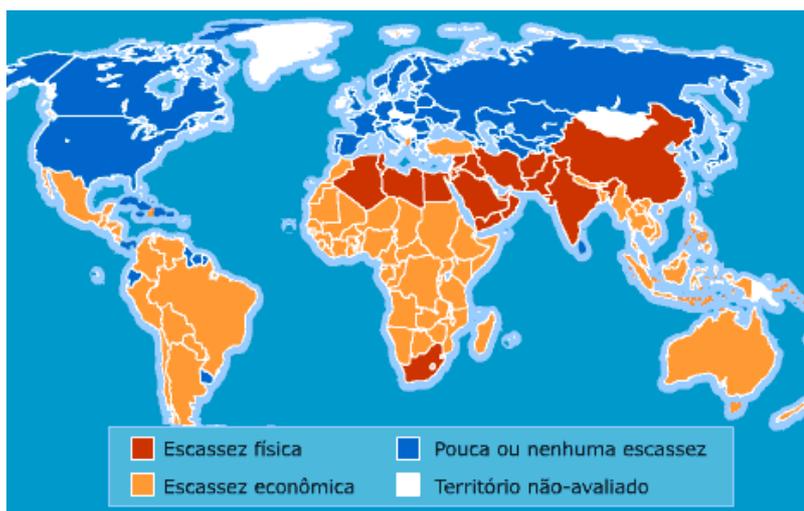
- Avaliar o consumo de água e energia associada à água em uma edificação residencial com sistema convencional;
- Avaliar o consumo de água e energia associada à água em uma edificação residencial dotada de um sistema de reúso de águas cinza;
- Estudar a produção de água cinza e o consumo de água de reúso em uma edificação multifamiliar dotada de um sistema de reúso de águas cinza.

### 3. Revisão Bibliográfica

#### 3.1. Escassez de água

Enquanto a produção de água doce no planeta é estável, o consumo da água aumenta em nível superior ao crescimento populacional. No século XX, a população mundial cresceu 4 vezes, enquanto o consumo de água cresceu 7 vezes. Atualmente, há mais de 1 bilhão de pessoas sem acesso suficiente à água de qualidade para consumo doméstico e estima-se que em 30 anos haverá 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas com moderada ou séria falta d'água de acordo com dados publicados no relatório da ONU no ano de 2006 (FOLHA DE SÃO PAULO, 2006).

Para agravar essa situação, a água doce é desigualmente distribuída no espaço, tanto no Brasil quanto no mundo e, de acordo com Born (2000), além da escassez física, há ainda a escassez econômica, ou seja, a incapacidade de pagar os custos de acesso a água o que prejudica uma grande parte da população mundial. Os aspectos relativos à escassez podem ser observados na Figura 1.



**Figura 1: Aspectos relativos à escassez de água no mundo**

**Fonte:** IWMI (International Water Management Institute)

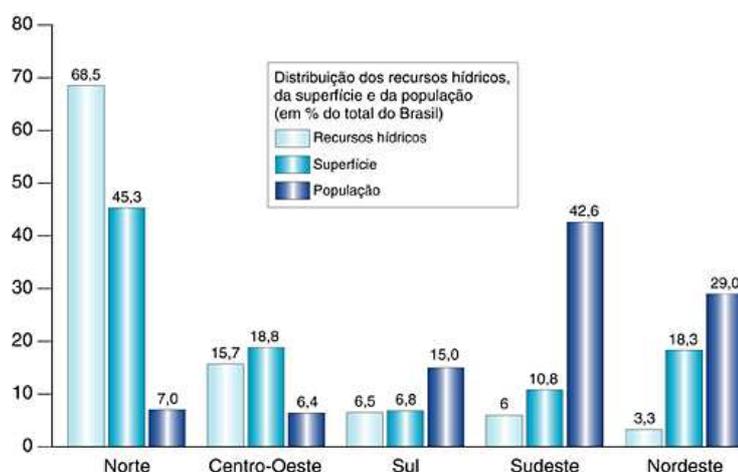
A problemática da escassez ganha vultos mundiais e poderá vir a comprometer gerações futuras se não houver conscientização e mudança de hábitos.

O consumo de água na sociedade é dividido por setores de uso, como o doméstico, comercial, industrial, público e agrícola, sendo que a demanda de água por esses setores pode ser considerada como a soma do consumo com o desperdício (GONÇALVES, et al., 2006). A maior parte da água doce do mundo é consumida na agricultura, cerca de 70%, o consumo doméstico fica com 23% e a indústria com cerca de 7%.

Para um futuro próximo, estima-se que a agricultura continuará sendo o setor de maior consumo de água, o uso no setor industrial deve crescer, mas, não há dúvidas, de que o maior

ponto de conflitos será o atendimento, em quantidade e qualidade adequada do abastecimento doméstico. Atualmente a situação já é grave, pois aproximadamente 55% da população rural e 40% da população urbana não têm acesso a quantidades adequadas de água segura (BORN, 2000).

O Brasil, que possui cerca de 12% de toda água doce do planeta, desperdiça cerca de metade da água retirada dos mananciais em vazamentos, fraudes e sub-medições. Outra grande dificuldade no Brasil é a distribuição desequilibrada, os grandes centros urbanos encontram-se nas regiões sul e sudeste que já não conseguem suprir suas demandas, enquanto cerca de 80% das reservas de água brasileiras encontram-se na Amazônia, região norte do país, que concentra apenas 7% da população brasileira (SAUTCHÚK, 2004). A Figura 2 representa o percentual de distribuição hídrica bem como da população nas regiões brasileiras.



**Figura 2: Relação entre distribuição de água e a população nas regiões brasileiras**  
 Fonte: <http://www.moderna.com.br/>

Silva (2004) ressalta alguns elementos causadores da escassez de água e suas consequências, como:

- Urbanização elevada e desordenada da infraestrutura urbana;
- Diversificação e intensificação das atividades e conseqüentemente do uso da água;
- Impermeabilização e erosão do solo;
- Ocupação de áreas de mananciais, com conseqüente poluição e assoreamento das margens;
- Conflitos gerados pelas concorrências entre os diversos aproveitamentos de água;
- Preponderância histórica dos interesses do setor hidroelétrico na política dos recursos hídricos;
- Deficiências do setor de saneamento e a relação entre água e saúde;
- Práticas agrícolas com uso de grandes volumes de água;
- Migrações populacionais motivadas pela escassez de água;
- Conflitos entre países gerados pela falta de água, muitos dos quais assumindo proporções de guerra.

É cada vez mais necessária a implementação de políticas públicas para a gestão eficiente dos recursos hídricos, como a urbanização, agricultura e uso do solo, além de avanços nos setores sociais com a implementação de ações voltadas à sustentabilidade ambiental.

### 3.2. Consumo urbano da água

O consumo elevado de água nos grandes centros urbanos somado aos problemas de escassez do recurso e ao desenvolvimento desordenado das cidades interfere nas atividades econômicas e onera os serviços de saneamento, visto que para esses casos, a captação deve ser feita cada vez mais longe, uma vez que com o acréscimo da poluição doméstica e industrial, a qualidade do manancial próximo é bastante prejudicada.

No Brasil, cerca de 80% da população vive nas cidades de acordo com dados do IBGE para o censo de 2000. O resultado desse aglomerado urbano influencia na qualidade dos serviços públicos como: saúde, educação, transporte público, abastecimento de água e sistemas de tratamento de esgoto. Esses dados revelam ainda que cerca de 75% da população brasileira é atendida por rede de abastecimento de água e apenas 40% é atendida por rede de esgoto sanitário e desse volume coletado apenas 40% é tratado antes do lançamento.

A intervenção humana no ciclo natural das águas originou um novo ciclo, que ocorre dentro dos grandes centros, o chamado “ciclo urbano das águas” (ZAIKEN et al., 1999), nesse ciclo estão envolvidos a captação nos mananciais, adução, tratamento para potabilização e distribuição nas áreas urbanas seguido da coleta, afastamento, tratamento e disposição final dos águas residuárias (Figura 3). Porém, trata-se de um ciclo imperfeito, uma vez que a água que é devolvida ao manancial após o uso e não possui as mesmas qualidades da água captada, a qual muitas vezes é devolvida repleta de contaminantes e matéria orgânica.



**Figura 3: Ciclo urbano da água**  
**Fonte:** Gonçalves et al., (2006)

No Brasil, a gestão dos recursos hídricos que incorporam o ciclo urbano da água é dirigida pela Lei 9433/1997, que instituiu a política nacional de recursos hídricos, e orienta o sistema

de gestão integrada de usos múltiplos por bacia hidrográfica, resguardando quantidade, qualidade e preservação.

Com a intenção de identificar as tipologias de consumo de água e facilitar a implantação de políticas tarifárias e cobrança diferenciada, o consumo urbano pode ser dividido em quatro categorias:

- Doméstico – refere-se à ingestão, às atividades higiênicas e de limpeza, ao preparo de alimentos e usos externos;
- Comercial: Demandas para hotéis, bares, restaurantes, escolas, hospitais, postos de gasolina entre outros;
- Público: Manutenção de parques e jardins, monumentos, aeroportos, terminais rodoviários, limpeza de vias, prevenção de incêndio, além do abastecimento dos próprios prédios públicos;
- Industrial: Varia de acordo com a tipologia da indústria, podendo ser usada como matéria prima, limpeza, resfriamento, instalações sanitárias, cozinhas e refeitórios.

Além disso, aos quatro tipos de consumo mencionados incorporam-se as perdas, como relevante parcela do consumo de água, podendo chegar a mais de 30% de acordo com estudos de Alliance (2002) para os países em desenvolvimento.

### ***3.3. Consumo residencial***

O consumo doméstico refere-se aos usos internos e externos da água em uma residência. O consumo interno compreende atividades como higiene pessoal e limpeza e o externo engloba atividades como irrigação de jardins, limpeza de automóveis e áreas externas e lazer.

Esses consumos podem ser responsáveis por mais da metade do consumo de água nas áreas urbanas. Tsutiya (2005) estima um consumo médio de água nas residências de cerca de 200L/hab.dia<sup>-1</sup>, podendo variar de 50 a 600L/hab.dia<sup>-1</sup>. De acordo com SNIS (2006), o consumo *per capita* médio do Brasil foi de 169L/hab.dia<sup>-1</sup> sendo que a Região Sudeste apresentou um consumo médio de 177L/hab.dia<sup>-1</sup>, superior à média do país. Penna et al., (1993) em uma pesquisa realizada para o estado de Minas Gerais, encontraram uma média de consumo de 148L/hab.dia<sup>-1</sup>, com aproximadamente 83% desse consumo de origem residencial.

O consumo doméstico de água pode ser influenciado por alguns fatores, relacionados por Narchi (1989) em seis categorias distintas:

- Características físicas: temperatura e umidade do ar, intensidade e frequência de precipitações;
- Condições de renda familiar;
- Características da habitação: área do terreno, área construída, número de habitantes etc.;
- Características de abastecimento de água: pressão na rede, qualidade da água etc.;
- Forma de gerenciamento do sistema: micromedição, tarifas etc.;
- Características culturais da comunidade.

Heller e Pádua (2006) ressaltam que dependendo das condições climáticas, das características socioeconômicas e culturais da população, o consumo externo pode até superar o interno.

### 3.3.1. Distribuição do consumo residencial

O conhecimento dos consumos específicos de água que ocorrem nos diversos pontos de utilização de uma residência é de fundamental importância para saber onde devem ser priorizadas as ações de conservação.

Estudos realizados no Brasil e no exterior mostram que o maior local de consumo em uma residência é o banheiro apresentando mais da metade do consumo de água potável das residências.

As proporções de consumo de água nos setores de uma residência são apresentadas a seguir, por meio de dados de uma empresa brasileira do ramo de peças e aparelhos sanitários – DECA, dados da Universidade de São Paulo (USP) em um prédio situado no campus; um estudo do PNCDA para um apartamento situado em um conjunto residencial com população de baixa renda (ROCHA et al., 1998). E, ainda três estudos no exterior, sendo um australiano NSWHealth (2000), um americano EPA (1992) e ainda Jensen (1991, apud TOMAZ, 2000) apresentou a distribuição de consumo médio de água em residências na Dinamarca (Tabela 1).

**Tabela 1: Distribuição do consumo de água em edificações domiciliares**

Setor da residência	Simulação Deca*	Prédio USP*	PNCDA (BRASIL, 1998)	Austrália (NSWhealth, 2000)	Dinamarca (Jensen, 1991)**	EUA (EPA, 1992)
<b>Banheiro</b>	<b>72%</b>	<b>63%</b>	<b>68%</b>	<b>70%</b>	<b>50%</b>	<b>74%</b>
Bacia sanitária	14%	29%	5%	32%	20%	41%
Pia	12%	6%	8%	5%	10%	-
Chuveiro	47%	28%	55%	33%	20%	33%
Banheira	-	-	-	-	-	-
<b>Cozinha</b>	<b>15%</b>	<b>22%</b>	<b>18%</b>	<b>7%</b>	<b>25%</b>	<b>5%</b>
	15%	17%	18%	7%	5%	5%
	-	5%	-	-	20%	-
<b>Área de serviço</b>	<b>13%</b>	<b>15%</b>	<b>14%</b>	<b>23%</b>	<b>15%</b>	<b>21%</b>
Máq. de lavar roupa	8%	9%	11%	23%	15%	21%
Tanque	-	6%	3%	-	-	-
Torneira de uso geral	5%	-	-	-	-	-

\*Disponível na homepage da DECA

\*\*\*Citado em Tomaz, (2000)

Conforme observado na Tabela 1, em média 40% do total de água consumida em uma residência são destinados a usos não potáveis, o que justifica o uso de fontes alternativas para o abastecimento desses pontos. A bacia sanitária e o chuveiro, em alguns locais, possuem um consumo relativamente semelhante, justificando a necessidade de se investir esforços e recursos em pesquisas sobre práticas de reúso.

### **3.4. Uso racional da água**

O uso racional da água, de modo geral, engloba medidas no âmbito da demanda e preconiza a minimização dos desperdícios (por perda ou uso excessivo) e a maximização da eficiência do uso, que é a otimização do uso em busca do menor consumo de água possível mantidas, em quantidade e qualidade, as atividades consumidoras (SILVA, 2004). Para isso é necessário o conhecimento dos indicadores de consumo, controle de perdas, adoção de dispositivos economizadores e a melhoria dos sistemas hidráulicos e, principalmente, da conscientização dos usuários.

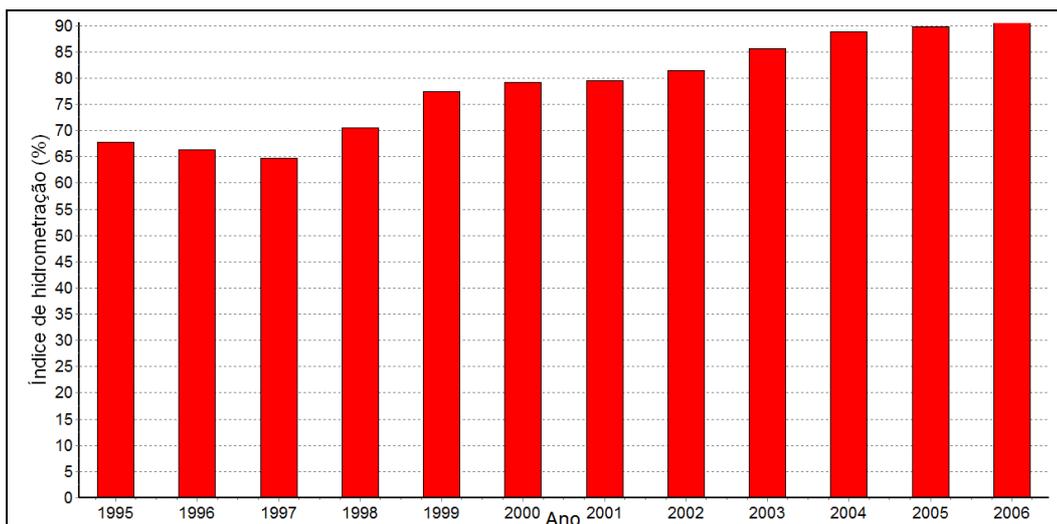
Restringindo-se ao cenário das habitações, de acordo com o Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações elaborado pela ANA e FIESP (2005), a implementação do uso racional consiste em sistematizar as intervenções que devem ser realizadas em uma edificação, garantindo assim, quantidade e qualidade sem desperdício.

Segundo pesquisa de Gonçalves et al., (2006), no Brasil, as principais ações em âmbito federal em direção ao uso racional da água correspondem ao lançamento, em 1997, pelo Ministério do Planejamento, do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água e do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Construção Habitacional (MPO/SEPURB, 1998). Merecem destaque, ainda diversas pesquisas no âmbito do uso racional como: Oliveira (1999) que desenvolveu a metodologia para uso racional em edifícios; Ilha et al., (2000) com o programa de Conservação de Água da Universidade Estadual de Campinas; Silva (2004) que avaliou o uso racional em *campi* universitários; Tamaki e Gonçalves (2004) no gerenciamento da demanda de água em edificações; Fiori (2005) que avaliou o reúso de águas cinza em edificações multifamiliares, além dos programas desenvolvidos no âmbito das Universidades como o Programa de Uso Racional (PURA/USP), o Programa ÁGUAPURA da Universidade Federal da Bahia e o Pró-água da Unicamp.

#### **3.4.1. Indicadores de consumo de água**

O indicador mais comum relativo ao uso da água em áreas urbanas é o consumo diário *per capita*, expresso em litros por habitante por dia (L/hab.dia<sup>-1</sup>). Esse é um dado essencial para projetos de sistemas de abastecimento que vem sendo cada vez mais pesquisado na tentativa de otimizar os sistemas.

O consumo *per capita* está diretamente atrelado à hidrometração local, e apenas com a instalação de hidrômetros é possível obter esse indicador. Segundo dados do SNIS (2006), o município de Vitória apresenta um crescimento no percentual de hidrometração de seus bairros como pode ser observado na Figura 4:



**Figura 4: Percentual de hidrometração**

Fonte: SNIS.

De acordo com Born (2000) há um aumento do consumo *per capita* com a melhoria da situação socioeconômica, sendo que o perfil de consumo é extremamente dependente dos usuários da edificação, onde aspectos culturais definem seus comportamentos.

Outros indicadores também são importantes para a caracterização do consumo residencial, como litros por m<sup>2</sup> por dia (L/m<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup>), litros por dormitório por dia e litros por economia.

Ao contrário do indicador *per capita*, a tendência do indicador por área é diminuir com a melhoria da situação econômica, visto que essas famílias tendem a ocupar residências com áreas maiores.

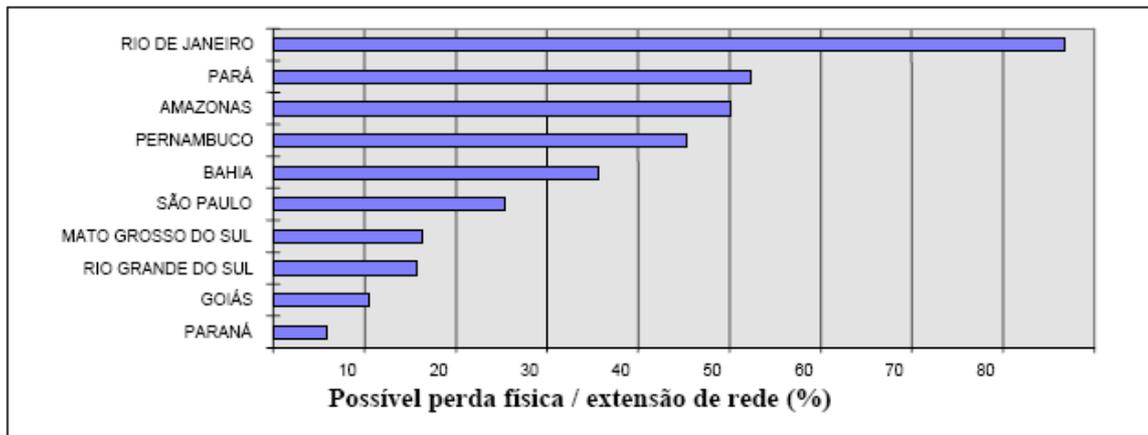
### 3.4.2. Perdas

As perdas em sistemas de abastecimento correspondem aos volumes não contabilizados, incluindo os volumes não utilizados e os volumes não faturados, constituindo as perdas reais e as perdas aparentes, respectivamente (MIRANDA, 2006).

As perdas reais correspondem aos volumes decorrentes de vazamentos nas unidades do sistema, já as aparentes, aos volumes decorrentes do uso por ligações clandestinas, fraudes nos medidores, erros de leitura e outros. Essas últimas são conhecidas ainda como perdas de faturamento, visto que o volume disponibilizado não é faturado pela concessionária.

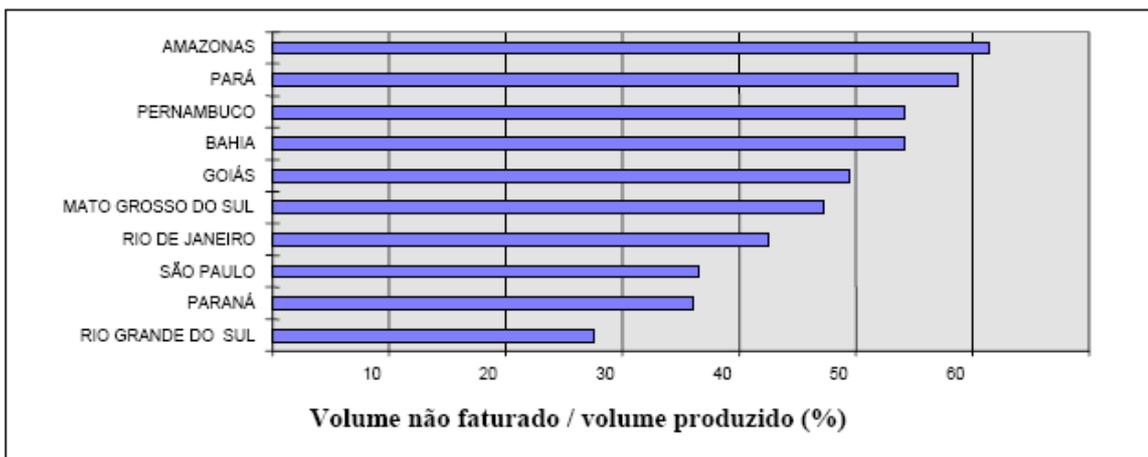
A redução das perdas reais permite a diminuição dos custos de produção, visto que há uma economia energética e no uso de produtos químicos, além disso, há uma menor exploração do manancial. A redução das perdas aparentes acarreta uma melhor prestação de serviços.

Os percentuais de perdas reais relacionados à extensão da rede para diferentes estados brasileiros, além do volume não faturado relacionado ao volume produzido, podem ser observados nas Figuras 5 e 6.



**Figura 5: Perdas reais na rede**

Fonte: Silva e Conejo (1998)



**Figura 6: Volume não faturado**

Fonte: Silva e Conejo (1998)

Segundo dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SINS para o ano de 2003, o indicador de perdas de faturamento ou água não faturada, teve um valor médio no Brasil de 39,4%.

Para o uso racional da água é importante o controle das perdas reais nas edificações, visto que esse volume de água é faturado, porém, não utilizado. Grandes volumes de água são perdidos devido a problemas em peças sanitárias como torneiras mal reguladas. O desperdício gerado por dispositivos nessas condições chega a 46 litros por dia, isto é, 1.380 litros por mês, de acordo com dados da SABESP em seu programa de uso racional da água.

Outra fonte recorrente de perdas é a bacia sanitária, cujo vazamento muitas vezes não é observado pelos usuários. Além dessas perdas consideradas visíveis, existem ainda as invisíveis decorrentes de instalações mal feitas ou muito antigas, fissuras em tubulações, bóias desreguladas e outros, que podem ficar sem serem notadas por muito tempo.

A redução de perdas é obtida por meio da manutenção preventiva adequada, verificando-se o desempenho do sistema e substituição de peças com defeito. A percepção depende sempre do usuário.

### **3.4.3. Dispositivos economizadores**

O principal objetivo dos dispositivos economizadores é propiciar menor consumo, melhor desempenho e menor influência da ação do usuário na economia de água gerada.

Para que seja garantido o desempenho desses dispositivos e a conseqüente economia de água, é importante observar as características específicas de instalação, funcionamento, operação e manutenção. Os passos necessários para o correto funcionamento desses dispositivos são apresentados em dois documentos técnicos de apoio do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água: DTA F1 que fala sobre tecnologias poupadoras de água em edificações (GONÇALVES,1999) e o DTA F2 sobre os dispositivos economizadores, a melhor forma de instalação e utilização (SCHMIDT, 2004).

Existem uma série desses dispositivos disponíveis no mercado, como bacias sanitárias de volume reduzido ou com duplo acionamento (3 ou 6L), arejadores para torneiras, torneiras com acionamento hidromecânico ou com sensor de movimento, mictórios, etc.

De acordo com pesquisas realizadas por um fabricante desses produtos economizadores – a DECA, o uso de torneiras com acionamento hidromecânico gera uma economia de cerca de 55% e no caso do uso de torneiras com sensor de movimento (eletrônicas) a economia aumenta para 75%. A ANA e FIESP (2005) por meio do manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações apresenta estudos de casos relativos à economia gerada pelo uso de restritores de vazão em um edifício residencial e em um hotel em São Paulo. Na ocasião foram observadas reduções de 73% e 81% do consumo de água para os locais descritos, devido ao uso de dispositivos economizadores. Além de todos os percentuais de economia apresentados é importante ressaltar que o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, realiza diversos testes com esses dispositivos comprovando sua real eficácia, garantindo assim uma real economia de água.

### **3.4.4. Medição individualizada**

A medição individualizada nas residências também constitui uma forma de uso racional, visto que quando se paga proporcionalmente aos volumes consumidos, há uma tendência de redução no consumo de água. Segundo dados da ANA e FIESP (2005) a economia devido à medição individualizada pode chegar a 25%.

Segundo Coelho (2007) a medição individualizada é uma das formas mais eficientes de racionalização do uso da água, e lista os objetivos e os efeitos dessa prática em edificações:

- Redução do desperdício de água;
- Redução do consumo de energia pela redução do volume de água bombeado;
- Identificação de vazamentos de difícil percepção;
- Maior satisfação do usuário;
- Redução do indicador de inadimplência;
- Redução do volume efluente de esgotos;
- Redução das contas de água e esgotos.

A medição individualizada é obrigatória para os edifícios novos em diversas cidades brasileiras conforme observado na Tabela 2.

**Tabela 2: Cidades brasileiras e respectivas legislações de medição individualizada de água em condomínios**

<b>Cidade</b>	<b>Legislação</b>	<b>Data</b>
Americana-SP	Lei Municipal Nº 4.209	28/9/2205
Aracajú-SE	Lei Municipal Nº 2.879	14/12/2000
Brasília-DF	Lei Distrital Nº 3.557	18/1/2005
Campinas-SP	Lei Municipal Nº 12.474	16/1/2006
Curitiba-PR	Lei Municipal Nº 10.785	18/9/2003
Natal-RN	Lei Municipal Nº 238	20/2/2006
Niterói-RJ	Lei Municipal Nº 2.340	17/11/2004
Piracicaba-SP	Lei Complementar Nº 159	17/11/2004
Recife-PE	Lei Municipal Nº 16.759	24/6/1905
São Paulo-SP	Lei Municipal Nº 14.018	28/5/2005
Vitória-ES	Lei Municipal Nº 4.857	15/4/1999

Fonte: Coelho (2007)

### ***3.5. Conservação de água potável***

As medidas de conservação de água possuem enfoque tanto na demanda quanto na oferta de água, na proporção que busca otimizar a demanda juntamente com a implementação de ofertas alternativas de água, empregando “água menos nobre” pra fins menos nobres, com destaque para uso de fontes alternativas como o aproveitamento de água subterrânea, pluviais e reúso de águas (SANTOS, 2002).

Coelho (2007) afirma que o conceito de conservação deve envolver todos os aspectos que interfiram no volume de água destinado às atividades humanas, indo desde a retirada do manancial até o correto tratamento do efluente.

Destacam-se no cenário nacional diversas pesquisas relacionadas à conservação de água como o PNCD – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, coordenado pela Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, o PROAGUA / Semi-árido, implantado pela Agência Nacional das Águas – ANA, que incentiva a captação de água de chuva no semi-árido brasileiro e o PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, que busca soluções tecnológicas simples para a solução de problemas das populações menos favorecidas.

#### **3.5.1. Fontes alternativas de água**

O uso de fontes alternativas de suprimento de água para o uso em pontos de consumo não potável vem sendo cada vez mais difundido como forma de conservação. Como alternativas possíveis, destacam-se a água cinza, a água de chuva, a água subterrânea, a água mineral envasada, a água distribuída em caminhões pipas e o reúso de águas servidas.

### **3.5.1.1. Água de chuva**

A utilização da água de chuva como fonte alternativa trata-se de uma das soluções mais simples e baratas para preservar a água potável, pois além de trazer o benefício da conservação da água e reduzir a dependência excessiva das fontes superficiais de abastecimento, reduz o escoamento superficial, dá chance à restauração do ciclo hidrológico urbano, gera conservação de energia, na estação de tratamento, no bombeamento e na distribuição (ANNECCHINI, 2005).

A água de chuva pode ser usada nas residências para usos que não requerem qualidade de água potável, como a descarga de vasos sanitários, a lavagem de roupas, calçadas e carros e a rega de jardins (MAY, 2004).

Herrmann e Schimida (1999) destacam a configuração básica de um sistema de aproveitamento de água de chuva:

- Área de captação (telhado, laje, piso);
- Sistemas de condução de água (calhas, condutores verticais e horizontais);
- Unidade de tratamento da água (reservatório de coleta de primeira chuva, filtros e desinfecção);
- Reservatório de acumulação.

### **3.5.1.2. Água subterrânea**

A água subterrânea é a parcela da água que permanece no subsolo, onde flui lentamente até descarregar em corpos de água de superfície. Em determinadas áreas, como regiões áridas e certas ilhas, a água subterrânea pode ser o único recurso hídrico disponível para uso humano de acordo com ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas.

Geralmente ela dispensa tratamento, quando captada de forma adequada, economizando uma parcela de energia. A água subterrânea possui a vantagem de poder ser empregada, inclusive, para os usos nobres como higiene, preparação de alimentos e para beber, desde que tenha sua potabilidade comprovada.

No entanto, segundo a Agência Nacional das Águas – ANA, as informações disponíveis sobre as águas subterrâneas são ainda insuficientes e muito dispersas. As pesquisas existentes são poucas, descontinuadas e inconsistentes. Como uma tentativa de se padronizar e centralizar as informações provenientes dos estudos, prospecções, ações e obras hídricas subterrâneas, criou-se uma área específica para águas subterrâneas dentro do Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos somente para o estudo dessas águas.

### **3.5.1.3. Reúso**

O reúso parte do princípio que nem toda a água consumida nos edifícios necessita de ser potável. Dessa forma, ocorre a preservação de água de melhor qualidade para fins potáveis e uma redução da geração de esgotos sanitários.

Otterpohl (2001) fala sobre a importância da segregação do esgoto sanitário, base do saneamento ecológico. A segregação prevê a separação dos fluxos dos diferentes tipos de efluentes domésticos de acordo com suas características, visando reutilizá-los ou minimizá-los e ao mesmo tempo gerando uma redução do consumo de energia em atividades de saneamento. De acordo com esse princípio o esgoto sanitário gerado nas residências pode ser segregado da seguinte forma:

- Águas negras: efluente proveniente dos vasos sanitários, incluindo fezes, urina e papel higiênico principalmente;
- Águas cinza: águas servidas, excluindo o efluente dos vasos sanitários;
- Águas amarelas: representando somente a urina;
- Águas marrons: representando somente as fezes.

O saneamento ecológico é uma nova concepção de saneamento que se enquadra dentro de um conceito de sustentabilidade necessário ao desenvolvimento dos grandes centros, sendo que a caracterização destes diferentes tipos de águas residuárias é de fundamental importância para o sucesso dos projetos de reúso (ESREY, 2001).

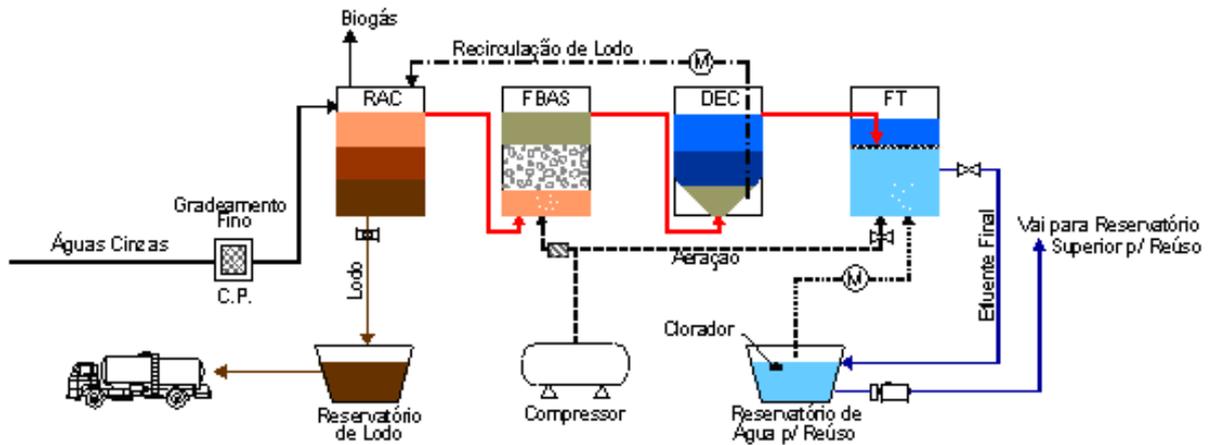
### ***3.6. Águas cinza***

São águas servidas que não possuem contribuição do vaso sanitário. Trata-se da água residuária proveniente do uso de lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupas. Em função da presença de óleos e gorduras, alguns autores não consideram como água cinza o efluente oriundo de pias de cozinha (NOLDE, 1999).

De acordo com Jerfferson et al., (1999) a água cinza possui componentes decorrentes do uso de sabão e outros produtos de lavagem de roupas e de limpeza em geral. Suas características químicas, físicas e biológicas podem variar de acordo com a localização, nível de ocupação da residência, faixa etária, estilo de vida, classe social e costumes dos moradores.

É importante ressaltar que no Brasil, a NBR 13.969 (ABNT, 1997) exige a manutenção da qualidade necessária desta água, resguardando-se a saúde pública e liberando dessa forma as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico.

O processo de tratamento das águas cinza é composto por uma etapa anaeróbica, seguida de uma aeróbica, decantação, filtração e posterior desinfecção com pastilhas de cloro (Figura 7).



**Figura 7: Esquema de uma estação de tratamento de águas cinza – ETAC**

Legenda: RAC – Reator anaeróbico compartimentado, FBAS – Filtro biológico aerado submerso, DEC – Decantador, FT – Filtro.

O tratamento é composto por três etapas de acordo com Gonçalves et al., (2006):

- Tratamento primário ou etapa física, na qual ocorre a remoção de sólidos grosseiros;
- Tratamento secundário ou etapa biológica ocorre à degradação biológica dos compostos carbonáceos;
- Tratamento terciário ou etapa química cujo objetivo é a desinfecção.

Após o tratamento as águas cinza passam a ser nomeadas de água de reúso, sendo utilizadas principalmente na descarga de vasos sanitários, na rega de jardins, na lavagem de automóveis e áreas externas e ainda segundo Gonçalves et al., (2006) a economia de água potável com a utilização do reúso de águas cinza pode chegar a 30%.

### 3.7. Sistemas prediais

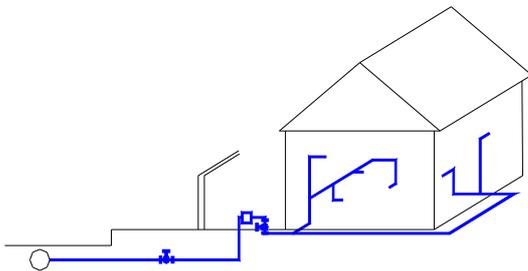
Os sistemas hidráulicos de edificações convencionais são estabelecidas pelo conjunto de normas:

- NBR 5626:1998 (Instalações prediais de água fria);
- NBR 7198:1993 (Projeto e execução de instalações prediais de água quente);
- NBR 13714:2000 (Sistemas de hidrantes e mangotinhos para combater incêndio);
- NBR 8160:1999 (Sistemas Prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução).

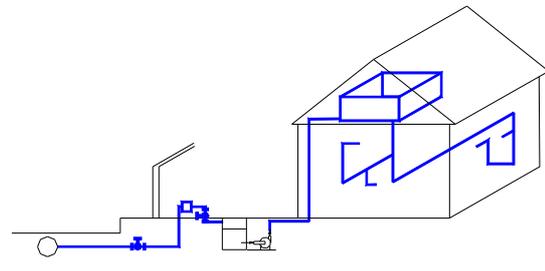
Cada tipo de edificação exige um tipo de projeto de instalação hidráulica com sua devida complexidade, para o tipo residencial térreo, por exemplo, o planejamento é imediato devido sua pequena complexidade. Já no caso de edifícios grandes, comerciais e industriais, devido ao elevado consumo de água é necessária uma criteriosa análise econômica dos processos a serem adotados.

O sistema hidráulico é composto por tubos, reservatórios, peças de utilização, equipamentos e outros componentes, destinado a conduzir água fria da fonte de abastecimento aos pontos de utilização. Sendo que o abastecimento pode ser direto, quando a água provém diretamente da

fonte de abastecimento, ou indireto, quando a água provém de um reservatório existente no edifício, conforme Figuras 8 e 9.



**Figura 8: Abastecimento direto**  
Fonte: Reali (2002)



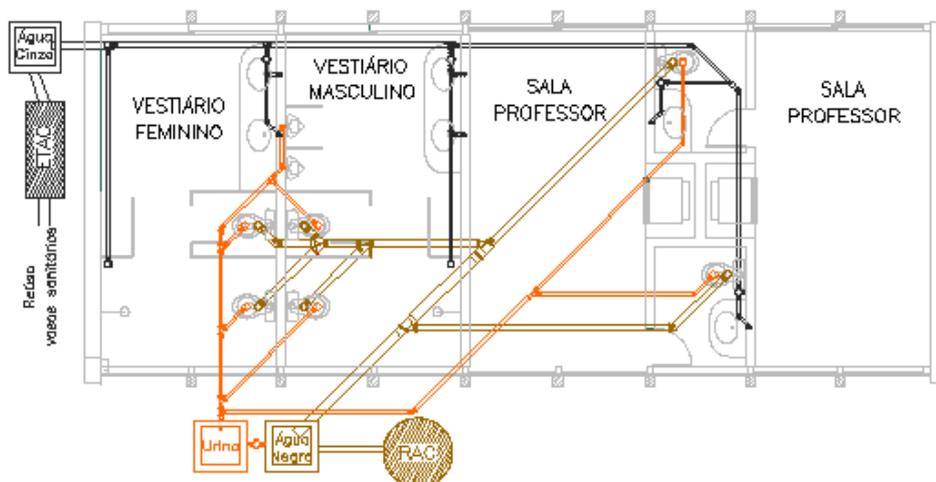
**Figura 9: Abastecimento indireto**  
Fonte: Reali (2002)

Edificações dotadas de reúso de águas cinza necessitam de algumas modificações no sistema de abastecimento e no sistema de coleta de esgoto sanitário. A água potável e a água de reúso requerem sistemas hidráulicos independentes.

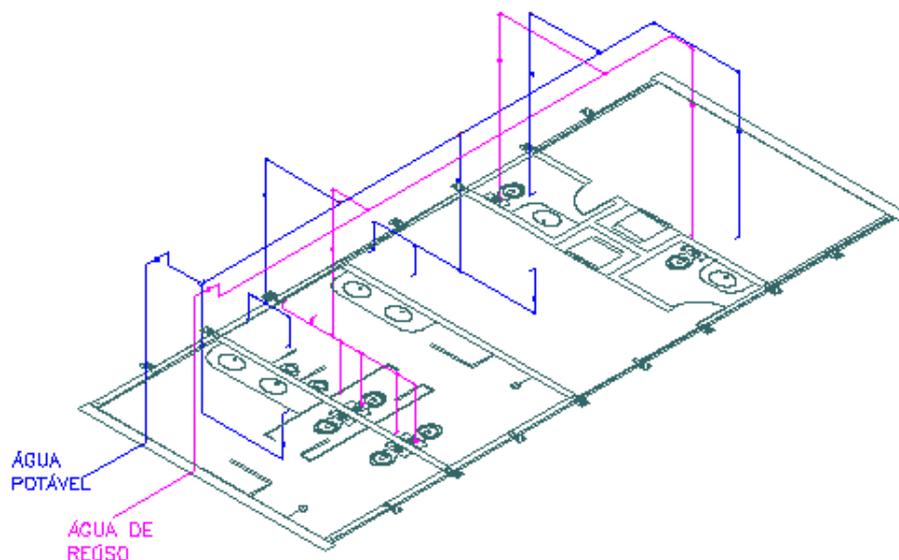
A rede predial de esgoto sanitário deve ser projetada com a segregação das águas residuárias, de modo que as águas cinza não se misturem às águas negras provenientes do vaso sanitário, visto que terão tratamentos diferenciados. O sistema de abastecimento também deve ser projetado com rede dupla, sendo uma para água potável e uma para a água de reúso, sendo que isso engloba os tubos, reservatórios e bombas de recalque distintas.

É importante que as tubulações tenham cores distintas e nenhuma interligação entre elas, além disso, deve haver um sistema de abastecimento das bacias sanitárias com água potável caso ocorra algum problema com o sistema de reúso.

Bazzarela (2005) mostra um projeto hidrossanitário para a captação do esgoto sanitário e o isométrico duplo para o abastecimento de água em uma edificação educacional da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, dotada de um sistema de reúso (Figuras 10 e 11).



**Figura 10: Projeto hidrossanitário de esgoto da edificação da UFES**  
Fonte: Bazzarela (2005)



**Figura 11:** Isométrico de água potável e não potável da edificação da UFES  
**Fonte:** Bazzarela (2005)

### 3.8. Enquadramento dos Bairros de Vitória – qualidade de vida

Atrair o desenvolvimento sustentável e uma boa qualidade de vida é essencial para manter uma qualidade ambiental que não comprometa o desenvolvimento econômico e o conforto da comunidade. Para isso é necessário que os conceitos sejam definidos e que sejam enquadrados a cada território independentemente, visto que, não se pode falar de um modelo global de sustentabilidade, mas sim fazer as adaptações pertinentes.

O município de Vitória adota a metodologia de população geradora de lixo urbano (Baptista, 2001) para classificar os bairros em classes, visando a cobrança do IPTU. Dessa forma, a renda média por domicílio permite classificar a população em 4 níveis, estratos ou classes sociais, designados como A, B, C e D. As classes sociais ou socioeconômicas, para efeito de geração de lixo urbano, são distribuídas conforme as seguintes faixas de renda:

- Até 2 Salários mínimos – Classe D;
- De 2 a 5 Salários mínimos – Classe C;
- De 5 a 10 Salários mínimos – Classe B; e
- Acima de 10 Salários mínimos – Classe A.

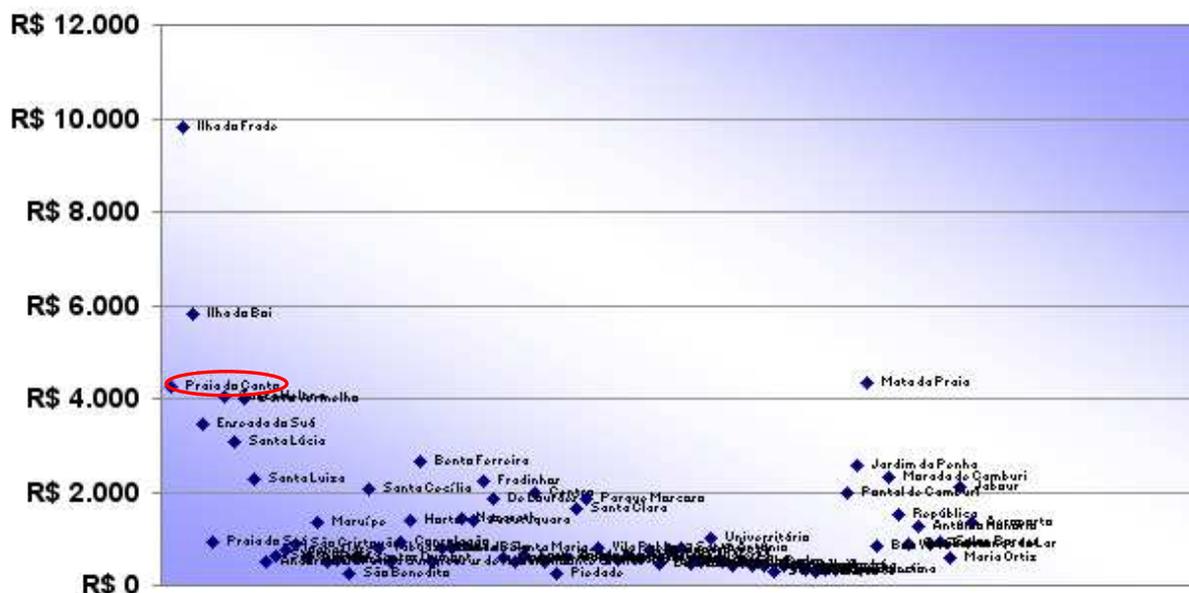
A classificação do bairro em estudo pode ser observada na Tabela 3, na qual a classificação socioeconômica é feita com base na renda em salários mínimos. Distribuição semelhante é destacada na Figura 12, na qual pode ser observada a dispersão dos rendimentos dos diversos bairros de Vitória.

**Tabela 3: Classificação socioeconômica dos bairros de Vitória – Renda em SM\***

Regiões	RENDIMENTO EM SALÁRIOS MÍNIMOS					
	Até 2 SM*	%	Entre 2 e 10 SM*	%	Acima de 10 SM*	%
1 – Centro	1.490	24,30%	2.853	46,60%	1.779	29,10%
2 - Santo Antônio	4.866	48,30%	4.586	45,50%	617	6,10%
3 - Bento Ferreira	3.627	38,40%	3.804	40,30%	2.005	21,20%
4 – Maruípe	6.429	44,30%	6.741	46,50%	1.343	9,30%
5 - Praia do Canto	776	8,60%	2.092	23,20%	6.136	68,10%
6 - Continental	2.828	15,50%	7.274	39,80%	8.191	44,80%
7 - São Pedro	4.755	63,20%	2.663	35,40%	107	1,40%
8 - Jardim Camburi	574	7,30%	3.651	46,60%	3.603	46,00%
<b>Município</b>	<b>25.345</b>	<b>30,60%</b>	<b>33.664</b>	<b>40,70%</b>	<b>23.781</b>	<b>28,70%</b>

\*SM – Salário Mínimo

Fonte: SEDEC/IBGE - CENSO 2000. Elaboração e ajustes SEGES/GIM



**Figura 12: Análise de dispersão dos rendimentos do Município de Vitória**

Fonte: Dados Censo 2000. Elaboração e ajustes SEGES/GIM.

Para se mensurar a qualidade de vida e o desenvolvimento de determinada região, faz-se necessário o estabelecimento de indicadores que englobam as áreas sociais, econômicas e ambientais.

Zorzal (1998), em um estudo de qualidade ambiental realizado para o Município de Vitória utilizou os seguintes indicadores:

1. Indicador de Padrão Domiciliar - IPD (Padrão Domiciliar), definido como sendo o número de domicílios acima do padrão “Padrão”, dividido pelo número total de domicílios do bairro;
2. Indicador de Abastecimento de Água - IAA (disponibilidade de água tratada), definido como sendo o número de casas abastecidas com água tratada no bairro, dividido pelo número de total de casas do bairro;

3. Indicador de Energia Elétrica - IEE (presença de energia elétrica nas casas), definido como sendo o número total de casas servidas pela energia elétrica dividido pelo número total de casas do bairro;
4. Indicador de Comunicações - ICOM (serviço telefônico), definido como sendo o número de residências com pelo menos um aparelho telefônico por domicílio, dividido pelo número total de domicílios do bairro;
5. Indicador de Coleta de Resíduos Sólidos - ICRS (recolhimento de lixo domiciliar), definido como sendo o número de domicílios atendidos pelo serviço de coleta de lixo domiciliar, dividida pelo número total de domicílios do bairro;
6. Indicador de Drenagem Pluvial - IDP (existência de drenagem pluvial), definido como sendo o comprimento de tubos destinados à drenagem pluvial nos bairro, dividido pelo comprimento total de ruas do bairro;
7. Indicador de Esgotamento Sanitário - IES (existência de esgotamento sanitário), definido como sendo o comprimento de tubos destinados ao esgotamento sanitário nos bairros, dividido pelo comprimento total de ruas do bairro;
8. Indicador de Pavimentação - IPAV (presença de pavimentação, seja ele asfalto ou paralelepípedo), definido como sendo o comprimento das ruas pavimentadas no bairro dividido pelo comprimento total de ruas do bairro;
9. Indicador de Transporte - IT (atendimento pelo transporte coletivo), definido como sendo o comprimento de ruas onde há circulação de ônibus coletivos, dividido pelo comprimento total de ruas do bairro;
10. Indicador de Arborização - IARB (árvores plantadas), definido como sendo o número total de árvores existentes no bairro multiplicado pelo espaçamento ideal entre árvores dividido pelo comprimento total das ruas do bairro;
11. Indicador de Iluminação Pública - IIP (presença de iluminação pública nas ruas), definido como sendo o comprimento das ruas servidas pela iluminação pública dividido pelo comprimento total das ruas do bairro;
12. Indicador de Varrição - IV (ruas varridas), definido como sendo o comprimento das ruas atendidas pelo serviço de varrição dividido pelo comprimento das ruas do bairro;
13. Indicador de Condição Atmosférica - ICA (qualidade do Ar), definido como sendo a média entre os complementares das concentrações médias anuais dos parâmetros mais relevantes na região do bairro, ponderadas pela percentagem de área de abrangência da célula no bairro e sua área, dividido pela diferença entre a concentração máxima permitida pela Legislação para os mesmos parâmetros e o valor de background;
14. Indicador de Área Verde - IAV (Área Verde), definido como sendo a área do bairro destinada ao lazer, cultura, esporte e entretenimento somadas às áreas verdes, dividido pelo número de habitantes do bairro, dividido pelo fator de correção 10m de área verde por habitante;

15. Indicador de Mobilidade - IM (condições para a livre saída do bairro), definido como sendo o número de vias em que se pode sair do bairro, dividido pelo número total de vias do bairro;

16. Indicador de Infra-Estrutura Social – IIES (presença de creches ou escolas, postos de saúde, hospitais ou clínicas, delegacia de polícia ou posto policial, igrejas ou templos e centros comunitários ou associações comunitárias), definido como sendo a soma da presença individual dos serviços de educação, saúde, segurança pública, religião e associação de bairro, onde cada um tem o mesmo peso unitário, dividido por cinco;

Por meio desses indicadores foi calculado o IQAU – Indicador de Qualidade Ambiental Urbana para o município e, foram avaliados, ao todo, 75 bairros de Vitória. Na Tabela 4 podem ser observados os 7 primeiros bairros da listagem.

**Tabela 4: Melhores Bairros de Vitória**

<b>Classificação</b>	<b>Bairro</b>	<b>IQAU</b>
1	Jucutuquara	80
2	Bento Ferreira	78
3	Parque Moscoso	77
4	Antônio Honório	74
5	Bairro de Lourdes	74
6	Enseada do Suá	74
<b>7</b>	<b>Praia do Canto</b>	<b>74</b>

Fonte: Modificado de Zorzal, (1998)

As edificações estudadas neste trabalho estão localizadas no Bairro Praia do Canto considerado de acordo com os resultados de Zorzal (1999) o 4º melhor bairro em termos de qualidade ambiental urbana do município de Vitória, sendo classificado como um bairro de classe A (classe média alta).

### **3.9. Sistemas de monitoramento**

A obtenção de informações sobre o consumo de água nas edificações urbanas configura-se como ferramenta indispensável ao planejamento, tendo por objetivo o dimensionamento da oferta e a gestão da demanda.

As medições de consumo de água podem ser feitas de diversas maneiras, desde a simples compilação dos volumes registrados pelos hidrômetros das concessionárias, até a monitoração com o uso de equipamentos eletrônicos.

A caracterização e monitoramento do consumo predial de água é apresentada por Rocha (1998) no documento técnico de apoio do PNCDA DTA E1, onde é feito um histórico das técnicas de monitoramento e são apresentadas as novas tecnologias do setor utilização.

Coelho (2007) apresenta diversas maneiras para a leitura dos hidrômetros em edificações com medição individualizada.

- Leitura visual com registro manual em boletim próprio: É anotado o valor de consumo de cada apartamento;

- Leitura visual com registro digital em terminal eletrônico portátil: Os valores de consumo são digitados no equipamento e descarregados posteriormente;
- Leitura com captação direta com terminal eletrônico portátil (*touch read*): Os dados de consumo são capturados pelo equipamento;
- Leitura por telemetria: Os dados são transmitidos até um concentrador na edificação onde são capturados;
- Leitura por telemetria com transmissão de dados por GSM: As leituras podem ser feitas fora da edificação;
- Leitura por rádio frequência: Além do consumo pode fornecer outras informações de importância para o gerenciamento do consumo, a leitura pode ser feita fora da edificação e atualmente é um dos sistemas mais modernos e mais empregados.

### **3.10. Micromedição**

Micromedição compreende a medição permanente do volume de água consumido no ponto de abastecimento de um usuário, independente de sua categoria ou faixa de consumo, que é registrado periodicamente pelo hidrômetro, base para cobrança e faturamento (SAUTCHÚK, 2004).

O conjunto de medições realizadas no sistema público de abastecimento desde a captação da água bruta até as redes de distribuição é feito por macromedidores, que são de maior porte quando comparados aos micromedidores. Para uma perfeita avaliação de um sistema de abastecimento é necessário o conhecimento desses dois modos de medição.

Nos programas de conservação de água, a micromedição possui fundamental atuação, visto que propicia:

- Redução do consumo e eventual desperdício;
- Permite determinar as perdas no sistema de distribuição e ainda identificar a parcela de perdas nos sistemas prediais;
- Disponibiliza elementos para a avaliação da evolução do comportamento dos usuários ao longo do tempo;
- Eleva o nível de eficiência da prestação do serviço de abastecimento.

#### **3.10.1. Principais tipos de medidores**

O volume de água consumido pelos usuários de um sistema de abastecimento é contabilizado ou medido por aparelhos denominados hidrômetros ou medidores de água, que são homologados, testados e aprovados. No Brasil, a homologação dos modelos, testes e verificações são legalmente regulamentados pelo Regulamento Técnico Metrológico N° 246 de 17 de outubro de 2000, do Instituto Nacional de Metrologia, Normatização de Qualidade Industrial – INMETRO, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e caracterizados pela NBR 8193/97 – Hidrômetros Taquimétricos para Água Fria até 15m<sup>3</sup>/h de vazão nominal.

Esse regulamento estabelece as condições que os medidores de água fria de vazão nominal de 0,6m<sup>3</sup>/h a 15,0m<sup>3</sup>/h com suas classes metrológicas, devem satisfazer. Os hidrômetros são classificados metrológicamente de acordo com a vazão mínima e a vazão de transição; quanto menores elas forem, mais sensível e mais eficiente será o medidor.

Assim, dentre os medidores de diâmetro ¾” e vazão nominal 1,5m<sup>3</sup>/h, aquele que operar com vazão mínima de 40L/h e vazão de transição de 150L/h é classificado como medidor classe A. Se ele trabalhar na vazão mínima de 30L/h e vazão de transição de 120L/h, será dito um medidor classe B e, se trabalhar com vazão mínima de 15L/h e vazão de transição de 22,5L/h, será classificado como medidor classe C.

A vazão de transição define a divisão entre dois campos de erros recomendados pela NBR-NM212 de 1999. Entre a vazão mínima e a de transição, o erro está entre -5 e +5%. Entre a vazão de transição e a nominal (Qn), o erro está entre -2 e +2%. Os valores das vazões de transição dependem da classe metrológica dos medidores. Na classe B, por exemplo, o valor é 8% da vazão nominal e na classe C, mais precisa, é de 1,5% da nominal.

Pode-se perceber assim, que o medidor classe C é mais sensível que o B e este mais sensível que o A. Atualmente a fabricação de medidores A é bem pequena, visto que estão há muito superados pelos classe B que também já estão cedendo espaço aos medidores classe C. Surgem, no entanto, no mercado, os medidores classe D, despontando com grande sensibilidade e baixíssimas vazões de operação.

Os medidores nesse caso podem possuir sistema de transmissão mecânico ou magnético. Não se aplicando aos medidores de água, cuja temperatura for superior a 40°C. De acordo com essa portaria do INMETRO, as verificações periódicas devem ser efetuadas em intervalos que não sejam superiores há cinco anos. As informações técnicas dos medidores podem ser observadas na Tabela 5.

**Tabela 5: Especificações técnicas de medidores de água**

Vazão Nominal Qn (m <sup>3</sup> /h)	Classes	
	A / B	C
0,6 a 1,5	0,0002	0,0002
2,5	0,0005	0,0002
3,5 a 6,0	0,001	0,0005
10,0 a 15,0	0,002	0,001

Fonte: Regulamento Técnico Metrológico N° 246 de 2000 – INMETRO

### ***3.11. Consumo de energia atrelada à água***

Os consumos de água e energia elétrica em uma residência devem ser visualizados como dados interligados e não de forma separada. A energia elétrica é necessária para mover a água através da grande maioria dos sistemas de abastecimento municipais, seja nos sistemas coletivos seja nas edificações, representando um significativo custo para a sociedade como um todo. As perdas de água na forma de vazamentos, furtos, desperdícios do consumidor e distribuição ineficiente afetam diretamente a quantidade de energia necessária para fazer a água chegar ao consumidor. Assim, as atividades implementadas

para economizar água e energia podem ter um impacto maior se planejadas conjuntamente.

Um exemplo é a eliminação de vazamentos (perdas reais) e furtos (perdas aparentes) de água em muitas grandes cidades, ação que duplicaria a quantidade de água disponível e reduziria o custo de energia. Os países em desenvolvimento têm perdas de água no sistema entre 30 e 60% e nos países desenvolvidos as perdas variam de 15 a 25%. A redução das perdas irá melhorar a eficiência do sistema como um todo (ALLIANCE, 2002).

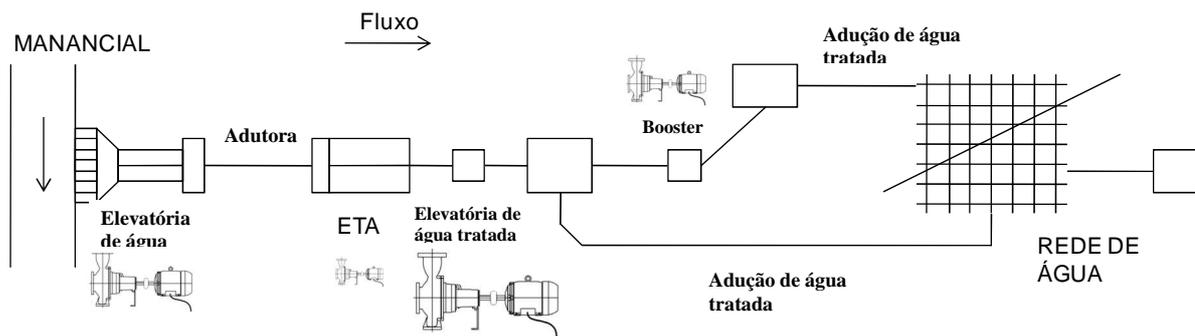
De acordo com o programa PROCEL SANEAR (2008), 2 a 3% do consumo total de energia elétrica do Brasil são consumidos por prestadores de serviços de saneamento (água e esgotamento sanitário). A redução no indicador de perdas e o uso racional da água terão influência significativa no custo da energia elétrica, visto que a diminuição do volume de água recalçada leva a uma diminuição no consumo de energia elétrica. Segundo TSUTYIA (2001), em sistemas de abastecimento de água o consumo médio de energia elétrica é de cerca de 0,6kWh/m<sup>3</sup> de água produzida. Informações sobre o consumo médio de energia atrelada ao consumo de água em edificações são escassas, mas, tendo em vista a importante quantidade de pequenos sistemas de bombeamento prediais, sobretudo em áreas com edificações com vários andares, estima-se que seu valor seja bastante significativo.

### **3.11.1. Consumo de energia pelo sistema de bombeamento**

Em termos de gastos de energia no abastecimento de água, estima-se que o bombeamento seja responsável por cerca de 90 a 95% do total, sendo que 75% dos sistemas de bombeamento são superdimensionados (EUROPUMP e HYDRAULIC INSTITUTE, 2004). O consumo de energia usado no bombeamento e no tratamento de água é de cerca de 7% para residências urbanas e indústrias, sendo que 25% desta energia são perdas (JAMES et al., 2002).

O consumo de energia pelos sistemas de bombeamento dependerá, entretanto, fortemente dos fatores físicos do local em que está inserido, tais como a extensão da rede e a topografia da área de abrangência.

A configuração típica de um sistema público de abastecimento, desde a captação da água, potabilização na ETA, reservação e distribuição na rede urbana pode ser observado na Figura13.



**Figura 13: Configuração típica de um sistema público de abastecimento de água**

Um sistema de bombeamento mal dimensionado pode ser causa de grandes perdas energéticas, por esse motivo, Alliance (2002) recomenda o seguimento de uma metodologia de projeto baseada nas seguintes questões:

- Necessidade da bomba;
- Correto dimensionamento;
- Eficiência da bomba;
- Altura de sucção da bomba com a altura de sucção do sistema devem estar associadas;
- Eficiência dos controles;
- Correta instalação do inversor de velocidade.

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, refere-se quanto a importância de verificar a alimentação elétrica do motor, evitar o bombeamento de água em horários de ponta, dimensionar corretamente os motores e dar preferência aos de alto rendimento, que, embora sejam mais caros, apresentam maior eficiência energética (PROCEL ELETROBRÁS, 2001).

Essas medidas simples, associadas com o controle de vazamentos no sistema podem representar uma economia de cerca de 25% de energia elétrica.

### 3.11.2. Consumo de energia em sistemas prediais

Há uma nítida tendência do setor da construção civil, nos países industrializados principalmente, no desenvolvimento de edifícios que adotam medidas de consumo sustentáveis, são os denominados “edifícios verdes” reconhecidos pela única certificação aceita internacionalmente, a LEED<sup>1</sup> (sigla em inglês para “Liderança em Energia e Design Ambiental”). Dentre as características destas edificações, destacam-se o uso racional da água e a conservação da energia. Soluções como estas exigem uma profunda revisão do uso da água nas residências, que vise à redução do consumo de água potável e, conseqüentemente, da produção de águas residuárias e da energia gasta nos processos (KALBUSCH, 2007).

A eficiência energética em prédios residenciais está vinculada ainda aos padrões tecnológicos dos sistemas e equipamentos instalados, às suas características arquitetônicas, ao clima local e

<sup>1</sup> LEED *Leadership in Energy and Environmental Design* (<http://www.usgbc.org>).

ao grau de consciência dos usuários para o uso racional da energia (PROCEL ELETROBRÁS, 2001).

Em uma residência o uso da energia é necessário para fazer a climatização térmica do ambiente, para suprir a iluminação artificial, para o bombeamento de água e movimentação de elevadores e para alimentar diversos equipamentos elétricos. A proporção dos gastos energéticos em uma residência típica por setor de consumo para as regiões brasileiras é apresentada na Tabela 6.

**Tabela 6: Setorização dos gastos energéticos em residências típicas para as regiões brasileiras**

Região	Consumo em (%) por setor em uma residência				
	Geladeira e freezer	Aquecimento de água	Iluminação	Ar condicionado	Outros
Sudeste	33,1	23,4	11,2	3,3	29
Sul	32,6	22,4	10,9	1,5	32,7
Norte	35,4	4,5	19,6	9,4	31,1
Nordeste	41	7,2	18,2	3,1	30,5
Centro Oeste	33,6	23,2	12,1	2,3	28,9
Brasil	34,1	20,7	12,3	3	29,9

Fonte: Almeida et al., (2001)

### 3.11.3. Indicadores de consumo energético

Os indicadores de consumo energético são importantes fontes estratégicas de informação, uma vez que têm a função de assegurar o fornecimento do serviço, garantir a sustentabilidade da fonte gestora e proteger o meio ambiente (SILVA, 2009).

Os indicadores mais citados na literatura são: a) consumo específico de energia elétrica - CE - (kWh/m<sup>3</sup>), que é um indicador de desempenho passível de comparação à padrões estabelecidos internacionalmente e, b) consumo específico normatizado de energia elétrica – CEN - (kWh/m<sup>3</sup>/100), indicador que leva em consideração as diferentes topologias de sistemas de abastecimento e permite que sejam comparados sistemas com alturas manométricas diferentes.

Os indicadores de consumo de energia elétrica (kWh/m<sup>3</sup>) para o ano de 2006, de acordo com o SNIS (2007), para as empresas estaduais de distribuição de água são apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1: Consumo específico de energia elétrica nos sistemas**

INDICADOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (ÁGUA) (kWh/m <sup>3</sup> ) - I <sub>058</sub>			
NORTE		SUDESTE	
CAER/RR	0,33	CEDAE/RJ	0,50
CAERD/RO		CESAN/ES	0,50
CAESA/AP		COPASA/MG	0,82
COSAMA/AM	0,34	SABESP/SP	0,64
COSANPA/PA	1,04	Totalizações para a região	0,62
DEAS/AC	0,58	SUL	
SANEATINS/TO	0,60	CASAN/SC	0,59
Totalizações para a região	0,79	CORSAN/RS	
NORDESTE		SANEPAR/PR	0,83
AGESPISA/PI	0,61	Totalizações para a região	0,77
CAEMA/MA	0,67	CENTRO-OESTE	
CAERN/RN	0,64	CAESB/DF	0,85
CAGECE/CE	0,51	SANEAGO/GO	0,76
CAGEPA/PB	0,86	SANESUL/MS	
CASAL/AL	1,06	Totalizações para a região	0,80
COMPESA/PE	0,73		
DESO/SE	1,24		
EMBASA/BA	0,82		
Totalizações para a região	0,75	<b>Totalizações para o grupo</b>	<b>0,68</b>

Fonte: Gomes (2009)

De acordo com dados do Sistema Nacional de Saneamento SNIS (2007) disponibilizado pelo Ministério das Cidades para os sistemas públicos de abastecimento, no Brasil há um consumo médio de 0,68kWh/m<sup>3</sup>. Já o valor do CEN, segundo Alegre (2006) é da ordem de 0,5kWh/m<sup>3</sup> para cada 100m de altura manométrica. Quando se trata do nível micro de consumo que são as edificações, os indicadores de kWh/m<sup>3</sup> são importantes, pois possibilitam avaliar o valor do recalque de água pago na conta de energia.

#### 4. Referências

ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Disponível em: <<http://www.abas.org/>>. Acesso em: 12 de Nov. de 2008.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalações Predial de Água Fria: NBR 5626. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e execução de instalações prediais de água quente: NBR 7198. Rio de Janeiro, 1993.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário – Projeto e Execução: NBR 8160. Rio de Janeiro, 1999.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combater incêndio: NBR 13714. Rio de Janeiro, 2000.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Hidrômetros taquimétricos para água fria - Especificação: NBR 8193. Rio de Janeiro, 1992(em revisão).

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Tanques sépticos unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos projeto, construção e operação: NBR 13.969. Rio de Janeiro, 1997.

ALEGRE, H., BAPTISTA, J. M., CABRERA Jr., E., CUBILLO, F., DUARTE, P., HIRNER, W., MERKEL, W., PARENA, R. *Performance indicators for water supply services*. Manual of Best Practice Series, 2<sup>nd</sup> Edition, IWA Publishing, London, 2006.

ALLIANCE – Aliança para Conservação de Energia. Água e Energia, Aproveitando as oportunidades de eficiência de água e energia nãoexploradas nos sistemas de água municipais, 2002.

ALMEIDA, M.A., SCHAEFFER, R., LA ROVERE, E.L. The potential for electricity conservation and peak load reduction in the residential sector of Brazil, 2001.

ANA, FIESP & SindusCon-SP. Conservação e Reúso da Água em Edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

ANNECCHINI, Karla Ponzó Vaccari, 1980 - Aproveitamento da Água da Chuva para Fins não Potáveis na Cidade de Vitória (ES). Vitória. 150p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

BAPTISTA, F. R. da Matta. Caracterização física e comercial do lixo urbano de Vitória-ES, em função da classe social da população geradora. 2001. 263 f. Dissertação de mestrado – Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2001.

BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de águas cinza para uso não potável em edificações. Vitória. 184p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

BORN, R.H. Segurança Hídrica, Comitês de Bacia Hidrográfica e Cidadania. Seminário Internacional “Água, bem mais precioso do milênio”, promovido pelo Centro de Estudos Judiciários do Conselho da Justiça Federal, Brasília-DF, 2000.

BRASIL, Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

COELHO, A. C. Medição de Água Individualizada – Manual de Consulta. Recife, 2007.

DECA. Uso racional de água. Disponível em: <<http://www.deca.com.br/>>. Acesso em: 06 nov. 2008.

EPA (US) - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Manual: Guidelines for water reuse. EPA/625/R-92/004. Office of Water, Washington, DC, 1992.

ESREY, S.; ANDERSSON, L.; HILLERS, A.; SAWYER, R. Closing the loop Ecological Sanitation for food Security. Stockholm (Sweden), 2001.

EUROPUMP; HYDRAULIC INSTITUTE Variable speed pumping – A guide to successful applications. 172p. Elsevier Ltd. Cornwall, Great Britain, 2004.

FIORI, S. Avaliação Qualitativa e Quantitativa do Potencial de Reúso de Água Cinza em Edifícios Residenciais Multifamiliares. Passo Fundo. 135p. Dissertação de mestrado. Universidade de Passo Fundo, 2005.

FOLHA ONLINE - ONU adverte que 1,1 bilhão de pessoas não têm acesso à água, publicada em 09 de março de 2006. Disponível em: [WWW.folhaonline.com.br](http://WWW.folhaonline.com.br) Acesso em: 15 de jul. de 2008.

GOMES, H. P. et al. Controle operacional para redução das perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. Relatório Técnico-científico. João Pessoa, 2009.

GONÇALVES, R. F.; BAZZARELLA, B. B.; PETERS, M. R.; PHILLIPPI, L. S. Gerenciamento de Águas Cinzas. In: GONÇALVES, R. Franci (Coord.). Uso Racional da Água em Edificações. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 153-222.

GONÇALVES, O. M.; IOSHIMOTO, E. J.; OLIVEIRA, L. H. Tecnologias Poupadoras de Água nos Sistemas Prediais. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretária de Política Urbana. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documento Técnico de Apoio; F1), 1999.

HELLER, Léo, PÁDUA, Valter Lúcio de. Abastecimento de água para consumo humano. Editora UFMG, Belo Horizonte, 2006.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. Urban Water. v. 1, n. 4, p. 307-316, 1999.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível – Dados do censo de 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 23 de out. de 2008.

ILHA M.S.O., NUNES S.S, PEDROSO L.P. Programa de Conservação de Água da Universidade Estadual de Campinas" Seminário Internacional sobre Conservação dos Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas. FEC/UNICAMP. Novembro/2000.

IWMI – International Water Management Institute. Disponível em: <http://www.iwmi.cgiar.org/> Acesso em: 15 de jul. de 2008.

JAMES, K. et. al. Água e Energia - Aproveitando as oportunidades de eficientização de água e energia não exploradas nos sistemas municipais. Aliança para Conservação de Energia. 159p. 2002.

JERFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHERSON, T.; JUDD, S. Technologies for domestic wastewater recycling. Urban Water. v. 1, n. 4, p. 285- 292, 1999.

KALBUSCH, A.; GHISI, E.; OLIVEIRA, R. Sustentabilidade Ambiental e Conservação da Água em Projetos de Edifícios para Habitação. Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. Curitiba, 2007.

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Disponível em:  
<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=64>Acesso em 12 nov. de 2008.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. São Paulo. 2004. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2004.

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO Portaria nº 246 de 17 de outubro de 2000.

MIRANDA, E. C. Gerenciamento de Perdas de Água. In: HELLER, L. e PÁDUA, V. L. (Organizadores). Abastecimento de Água para o Consumo Humano. Belo Horizonte: UFMG, 2006. p. 789-809.

MODERNA – Distribuição de água no mundo. Disponível em:  
<http://www.moderna.com.br/moderna/didaticos/projeto/2006/1/politica/>. Acesso em: 12 nov. de 2008.

NARCHI, H. A demanda doméstica de água. Revista DAE, v. 49, n. 154, p. 1-7, jan./mar. 1989.

NBR NM 212:1999 – Medidores velocimétricos de água fria até 15m<sup>3</sup>/h de vazão nominal.

NIELSEN, M. J. et al. Medição de Água – Estratégias e Experimentações. Curitiba: Sanepar, 2003.

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-story buildings – over ten years experience in Berlin. Urban Water. v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.

NSW HEALTH. Greywater reuse in Sewered single domestic premises, Sidney, 2000. Disponível em:<<http://www.wsud.org/downloads/Info%20Exchange%20&%20Lit/NSW%20Health.pdf>> . Acesso em: 13 out. 2008.

OLIVEIRA, L.H. Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios. São Paulo, 1999. 344p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

OTTERPOHL, R. Black, brown, yellow, grey- the new colors of sanitation. Water 21. p. 37-41, out. 2001.

PENNA, J. A.; SOUZA, B. A.; SOUZA, F. Análise do consumo *per capita* de água de abastecimento de cidades de Minas Gerais com população de 10000 a 50000 habitantes. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9., Porto Seguro, 1993.

PRO-ÁGUA - Programa de Conservação de Água da UNICAMP. Desenvolvido pelo Laboratório de Ensino e Pesquisa em Sistemas Prediais da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~milha/proagua.htm>>. Acesso em: 15 out. 2008.

PROCEL, ELETROBRÁS, Orientações Gerais para Conservação de Energia Elétrica em Prédios Públicos. Primeira Edifício Rio de Janeiro. Abril, 2001.

ÁGUAPURA - Programa de Uso Racional de Água da UFBA. Desenvolvido pela TECLIM-UFBA. Disponível em: <<http://www.teclim.ufba.br/aguapura2/index.php>>. Acesso em: 15 out. de 2008.

PURA/USP - Programa de Uso Racional da Água. Desenvolvido pelo Laboratório de Sistem Hidráulicos Prediais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.purapoli.usp.br>>. Acesso em: 15 out. de 2008.

REALI, M. A. P.; et al. Instalações Prediais de Água Fria. Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos - Departamento de Hidráulica e Saneamento: São Carlos, 2002.

ROCHA, A. L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. Caracterização e monitoramento do consumo predial de água. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretária de Política Urbana, 38 p. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documento Técnico de Apoio; E1), 1998.

RODRIGUES, L. C. S. Avaliação da eficiência de dispositivos economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória-ES. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Desenvolvido pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em: 12 nov. 2008.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, 2002

SAUTCHÚK, C. A. Código de Prática de Projeto e Execução de Sistemas Prediais de Água, Conservação de Água em Edifícios. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretária de Política Urbana. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documento Técnico de Apoio; F3), 2004.

SILVA, R., Conejo, J. G. L., Indicadores de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água. Brasília – DF, 1998.

SILVA, G. S. Programas Permanentes de Uso Racional da Água em Campi Universitários: O Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 328p. São Paulo, 2004.

SILVA, B. C. et al. Otimização hidro-energética de sistemas públicos de distribuição de água HIDROESP, 2009.

SCHMIDT, WILLIAN. Produtos Economizadores de Água nos Sistemas Prediais - (Revisão). Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretária de Política Urbana. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documento Técnico de Apoio; F2), 2004.

SEDEC/IBGE – Censo 2000. Disponível em: <<http://www.vitoria.es.gov.br/regionais/dados/populacao/municipio/crespopulacional.asp>>. Acesso: 22 de mar. de 2009.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS – Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2006. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU/PR; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA.

TAMAKI, H. O.; GONÇALVES, O. M. A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais – estudo de caso: programa de uso racional da água na Universidade de São Paulo. Boletim Técnico da escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: 2004.

TOMAZ, P. Previsão de consumo de água. São Paulo: Navegar, 2000.

TSUTYIA, M. T. Redução do Custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água. São Paulo: ABES/SP, 2001.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 2. edifício São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

ZAIZEN, M. et al. The collection of rainwater from dome stadiums in Japan. Urban Water, 1999.

ZORZAL, F. M. B. Indicador de Qualidade Ambiental Urbana para o Município de Vitória. Vitória 114p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, 1998.

## Capítulo 2

---

### QUALIDADE DO CONSUMO DE ÁGUA E ENERGIA ATRELADA À ÁGUA EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL COM SISTEMA HIDROSSANITÁRIO CONVENCIONAL

Monica Pertel, Ricardo Franci Gonçalves

#### *Resumo*

O consumo residencial é estratégico para a concepção de programas de conservação de água em áreas urbanas, uma vez que esse setor é responsável por boa parcela da demanda de água urbana. No Brasil, o consumo de água para fins urbanos corresponde a cerca de 21% da demanda total, e cerca de 50% desse consumo corresponde ao residencial. Nesse contexto, este trabalho objetivou avaliar o consumo de água em uma edificação residencial dotada de sistema hidrossanitário nos moldes das NBRs 5626:1998 e 8160:1999 da ABNT, no município de Vitória-ES. O monitoramento foi realizado de fevereiro a março (verão) e de julho a setembro (inverno) de 2007, por meio de leituras diárias dos hidrômetros sempre às 8h, do levantamento de perfis de consumo de 24h e da geração de indicadores de consumo *per capita*, por área e por dormitório. Os resultados indicam que o consumo de água foi maior no inverno, sendo a terça-feira o dia de maior consumo. Os perfis de consumo de 24h permitiram inferir sobre a rotina dos moradores, por meio da observação dos intervalos de maior consumo de água que ocorreram entre 4 às 8h, de 8 às 12h e de 14 às 16h. Foi observada, ainda, uma grande diversidade entre o consumo dos apartamentos. A verificação de perdas foi realizada por meio da setorização do consumo de água, foi observada uma possível perda entre o hidrômetro geral e o reservatório superior, constatou-se um possível erro de calibração nos medidores das colunas e não foi observado vazamentos nos apartamentos. Não foi encontrada uma correlação entre o consumo de água e fatores externos e, as bombas de recalque foram responsáveis por 8% do total de energia consumida na edificação e cerca de 25% do consumo do condomínio. Foi encontrado um indicador de 1,44kWh/m<sup>3</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Setorização do consumo; Conservação de água; Indicadores de consumo; Consumo energético do recalque; Perdas.

## 1. Introdução

A busca pela sustentabilidade no meio urbano compreende o uso das mais variadas práticas possíveis de conservação dos recursos como água e energia. Nesse sentido, a parcela referente ao consumo de água e energia nas residências é estratégica para a concepção de programas de conservação desses recursos. Na cidade de Vitória, o consumo de água residencial corresponde a aproximadamente 85% do consumo total urbano (dados da CESAN de 2002 e 2003) citados por RODRIGUES (2005).

Tsutiya (2005) estima um consumo médio de água nas residências brasileiras de cerca de 200L/hab.dia<sup>-1</sup>, podendo variar de 50 a 600L/hab.dia<sup>-1</sup>. De acordo com SNIS (2006), o consumo *per capita* médio do Brasil foi de 169L/hab.dia<sup>-1</sup> sendo que a Região Sudeste apresentou um consumo médio de 177L/hab.dia<sup>-1</sup>, superior à média do país. Penna et al., (1993) em uma pesquisa realizada para o estado de Minas Gerais, encontraram uma média de consumo de 148L/hab.dia<sup>-1</sup>, com aproximadamente 83% desse consumo de origem residencial.

O consumo doméstico de água pode ser influenciado por alguns fatores, relacionados por Narchi (1989) em seis categorias distintas:

- Características físicas: temperatura e umidade do ar, intensidade e frequência de precipitações;
- Condições de renda familiar;
- Características da habitação: área do terreno, área construída, número de habitantes etc.;
- Características de abastecimento de água: pressão na rede, qualidade da água etc.;
- Forma de gerenciamento do sistema: micromedição, tarifas etc.;
- Características culturais da comunidade.

Heller e Pádua (2006) ressaltam que dependendo das condições climáticas, das características socioeconômicas e culturais da população, o consumo externo pode até superar o interno.

Há uma nítida tendência do setor da construção civil, nos países industrializados, principalmente, no desenvolvimento de edifícios que adotem medidas de consumo sustentáveis (LEED, 2008), como uma tentativa de minimizar o consumo e o desperdício decorrente do uso incorreto de água. Dentre as características destas edificações, destacam-se o uso racional da água e a conservação da energia. Soluções como estas exigem uma profunda revisão do uso da água nas residências, visando à redução do consumo de água potável e, conseqüentemente, da produção de águas residuárias e da energia gasta nos processos. A eficiência energética em edifícios residenciais está vinculada ainda aos padrões tecnológicos dos sistemas e equipamentos instalados, às suas características arquitetônicas, ao clima local e ao grau de consciência dos usuários para o uso racional da energia PROCEL ELETROBRÁS, (2001).

Nesse contexto, este trabalho avalia o consumo de água e as possíveis perdas em uma edificação residencial dotada de um sistema hidrossanitário convencional, por meio da setorização e estudo da variação de consumo horária, diária e sazonal, da comparação de indicadores de consumo *per capita*, por área, por dormitório com indicadores da literatura técnica, além de avaliar a demanda de energia para sustentar o abastecimento (kW/m<sup>3</sup>).

## Quadro1: Lista de símbolos

$K_1$	Coeficiente do dia de maior consumo
$K_2$	Coeficiente da hora de maior consumo
$Q_{\max \text{ ano}}$	Vazão diária máxima ( $\text{m}^3/\text{dia}$ )
$Q_{\max \text{ horário}}$	Vazão máxima horária ( $\text{m}^3/\text{dia}$ )
$Q_{\text{media diária}}$	Vazão média diária ( $\text{m}^3/\text{dia}$ )
$Q_{\text{media do dia}}$	Vazão média horária ( $\text{m}^3/\text{dia}$ )
$C_{\text{per capita}}$	Consumo per capita ( $\text{L}/\text{hab}.\text{dia}^{-1}$ )
$V_c$	Volume consumido (L)
Pop	População (Nº pessoas)
$C_{\text{area}}$	Consumo por $\text{m}^2$ ( $\text{L}/\text{m}^2.\text{dia}^{-1}$ )
$\text{m}^2$	Metro quadrado
$C_{\text{dormitório}}$	Consumo por dormitório ( $\text{L}/\text{dormitório}.\text{dia}^{-1}$ )
$N^{\circ}_{\text{dorm}}$	Número de dormitórios
$C_{\text{energia abastecimento}}$	Consumo de energia atrelado a água ( $\text{kW}/\text{m}^3$ )
$C_{\text{energia}}$	Consumo de energia (kWh)
$C_{\text{água}}$	Consumo de água ( $\text{m}^3$ )

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Considerações gerais

O edifício está localizado na Rua Joaquim Lírio, 35, Praia do Canto - Vitória – ES, bairro de classe média alta de acordo com a classificação da prefeitura municipal, baseada no estudo de Baptista, (2001). Apresenta ainda, um elevado indicador de qualidade ambiental urbana – IQAU, de 74% de acordo com pesquisa desenvolvida por Zorzal (1998), sendo considerado o quarto melhor bairro para se morar na capital. A ocupação deste prédio, iniciada em dezembro de 2004, é do tipo residencial multifamiliar, sendo que o edifício possui um apartamento por andar (Figuras 1A, 1B e 1C).



**Figura 1A: Entrada principal da edificação**

**Figura 1B: Área de lazer - Piscina**

**Figura 1C: Área de lazer - Churrasqueira**

A edificação é constituída de 23 pavimentos, sendo: 1 térreo, 1 pilotis, 1 pavimento de garagem, 19 pavimentos de apartamentos e 1 cobertura, totalizando  $5.998,46\text{m}^2$  de área de construção total,  $2.834,25\text{m}^2$  de área de construção utilizada e uma densidade de ocupação de cerca de  $40\text{m}^2/\text{hab}$ . No térreo está localizada a entrada principal de moradores e funcionários,

havendo 100,50m<sup>2</sup> de área permeável, recepção, portaria, copa para funcionários, 1 lavabo, 2 W.C. (um na portaria e um na copa), além do segundo pavimento de garagens com 30 vagas.

No pavimento pilotis fica situada a área de lazer com piscina (47,04m<sup>3</sup>), sauna, área de churrasqueira, quadra esportiva, playground, salão de festas, 1 lavabo e 3 W.C., seguido do primeiro pavimento de garagens com 35 vagas.

O pavimento tipo possui 142,41m<sup>2</sup> de área utilizada, 179,80m<sup>2</sup> de área total e 30,45m<sup>2</sup> de área comum, sendo constituído por 4 quartos, 3 banheiros, 1 W.C, 1 lavabo, 1 sala, área de serviço, cozinha, dependência, circulação e 2 varandas. A cobertura possui 128,46m<sup>2</sup> de área útil e a mesma divisão de cômodos do pavimento tipo. Os pontos de consumo de água e seus respectivos locais de uso podem ser observados na Tabela 1.

**Tabela 1: Pontos de consumo de água potável**

<b>Pavimento</b>	<b>Acessórios</b>	<b>Locais de uso</b>
Térreo e G1*	1 chuveiro, 1 pia de cozinha, 2 lavatórios, 2 torneiras de jardim, 2 bacias sanitárias, 1 torneira para limpeza	W.C., lavabo, copa, estacionamento, jardim
G2*	1 torneira	Estacionamento
Pilotis	2 chuveiros, 3 pias de cozinha, 3 lavatórios, 3 bacias sanitárias, 1 torneira de limpeza	W.C., lavabos, cozinha, área comum
Apartamentos (1° ao 20°)	4 chuveiros, 1 pia de cozinha, 8 lavatórios 5 bacias sanitárias,	W.C., lavabo, cozinha, área de serviço, dependência

**\*G1 e G2 - Garagens**

O edifício possui sistema hidrossanitário convencional, sendo dotado de hidrometração por apartamento, apresentando dois hidrômetros por andar, sendo um para água quente e um para água fria; ainda conta com o medidor da concessionária, em um total de 41 hidrômetros.

A fim de complementar o sistema de medição já existente na edificação e setORIZAR o consumo foram instalados mais três hidrômetros, nos pontos descritos a seguir:

- Colunas de alimentação de água fria – Um hidrômetro em cada coluna de alimentação (Ciasey 2”);
- Área de lazer – Para registro do volume de água consumido nas áreas comuns dos edifícios (Ciasey 1 ½”).

Um corte da edificação com a localização de cada medidor pode ser visualizado no anexo 1. O edifício possui o aquecimento da água feito por meio de painéis solares instalados no terraço e, quando necessário o aquecimento pode ser feito por gás. Há pontos de consumo de água quente nos banheiros e na cozinha. Apresenta, ainda, dispositivos de economia de água na concepção de seu sistema hidrossanitário, como caixas acopladas nas bacias sanitárias, arejadores nas torneiras de pias e lavatórios.

## **2.2. Monitoramento do consumo**

O monitoramento do consumo de água e energia no edifício foi realizado em duas etapas: a primeira entre fevereiro e abril e a segunda de julho a outubro de 2007. Os meses foram escolhidos a fim de correlacionar posteriormente os consumos nas estações de verão e

inverno, ou seja, em meses quentes e frios. Em cada etapa, o acompanhamento do consumo foi realizado por meio de leituras diárias, sempre às 8h, de todos os hidrômetros e medidores de energia da edificação, além do levantamento de perfis de consumo de 24h. No caso dos perfis, as leituras dos hidrômetros foram registradas a cada 2h, também com início às 8h. Foram gerados quatro perfis de 24h, dois em dias de quarta-feira e dois em dias de quinta-feira. O monitoramento do consumo na área de lazer ocorreu de agosto a setembro.

O consumo energético das bombas de recalque foi medido por meio eletrônico com a instalação de um analisador de grandezas elétricas, modelo RE6000 EMBRASUL, dotado de tecnologia em processamento DSP e conversores A/D de alta resolução, instalado na edificação em junho de 2007. As coletas de dados de energia foram realizadas a cada 15 dias. A análise dos dados foi realizada com auxílio do software ANL6000 que acompanha o analisador.

O edifício possui duas bombas modelo DANCOR 15cv trifásicas que são acionadas cerca de cinco vezes durante a semana e cerca de três vezes no final de semana, permanecendo ligada por um intervalo de 30 minutos a cada acionamento.

A edificação apresenta moradores com alta renda que, em sua maioria, possuem empregados domésticos que trabalham todos os dias. A maior parte dos moradores deixa os apartamentos para trabalhar na parte da manhã, retornam no período de almoço e no final da tarde. Durante os finais de semana a população presente na edificação fica bastante reduzida, visto que a maior parte dos moradores seguem para outras residências na região serrana ou nas praias do estado.

### **2.3. Detecção de vazamentos**

Com a setorização do consumo foi possível realizar a detecção de vazamentos na edificação, para o setor compreendido entre o hidrômetro geral e as colunas de abastecimento. As perdas foram detectadas por meio da diferença dos volumes. Perdas no setor compreendido entre as colunas e os apartamentos foram calculadas por meio da diferença entre a soma do volume consumido nos apartamentos e o volume medido nos hidrômetros das colunas. Além disso, foi verificado o volume consumido das 2 às 4h, visto que, de acordo com Gonçalves e Alvim (2005) a vazão mínima noturna é o principal indicador do nível de perdas, principalmente em áreas residenciais.

### **2.4. Tratamento dos dados**

Para realização de todos os cálculos envolvendo o consumo residencial foram considerados somente os apartamentos efetivamente ocupados por moradores.

Para quantificar o consumo de água no edifício foram considerados dados a partir do mês de fevereiro até setembro de 2007.

Para o cálculo dos indicadores de consumo *per capita*, por área e por dormitório, considerou-se somente o consumo dos apartamentos. Sendo adotada a população total informada pela empresa administradora do condomínio. Para o cálculo do consumo *per capita* entre os apartamentos foi considerada a população presente na edificação, no momento da leitura, que foi monitorada com o auxílio dos porteiros, sendo considerados os moradores e os

empregados domésticos.

Os gráficos de perfil de consumo 24h representam o consumo médio relativo a oito perfis (quatro para verão e quatro para inverno) realizados durante a pesquisa, nos quais foi considerado o consumo de água dos apartamentos e a respectiva população horária. Foi realizada a soma dos consumos de água quente e água fria – Água potável.

As vazões diárias foram calculadas por meio de  $K_1$  e  $K_2$ .

$$K_1 = Q_{\max \text{ período}} / Q_{\text{média diária}} \quad (1)$$

$$K_2 = Q_{\max \text{ horária}} / Q_{\text{media do dia}} \quad (2)$$

Sendo  $K_1$  o coeficiente do dia de maior consumo no ano, realizado por meio da série histórica do hidrômetro geral ( $\text{m}^3/\text{dia}$ ) e  $K_2$  o coeficiente da hora de maior consumo, cujo cálculo foi realizado por meio das leituras de 24h em ( $\text{m}^3/\text{dia}$ ).

Os indicadores de consumo foram calculados de acordo com as equações 3, 4, 5 e 6 baseados nos cálculos realizados pelo SNIS anexo B:

$$C_{\text{per capita}} = V_{\text{con}} / \text{Pop} \quad (3)$$

$$C_{\text{área}} = V_{\text{con}} / \text{m}^2 \quad (4)$$

$$C_{\text{dormitório}} = V_{\text{con}} / N^{\circ} \text{ dorm} \quad (5)$$

$$C_{\text{energia abastecimento}} = C_{\text{energia}} / C_{\text{água}} \quad (6)$$

A manipulação dos dados de consumo de água e energia foi realizada com auxílio dos programas Microsoft Excel®, SPSS for windows 11.5 e ANL6000 – Embrasul.

### 3. Resultados e Discussões

#### 3.1. Consumo

O monitoramento do consumo de água foi realizado no período de fevereiro a outubro de 2007, em dois períodos específicos de fevereiro a abril, configurando o período de verão e de julho a outubro, o período de inverno (Figura 2). O teste estatístico para verificação da normalidade da distribuição dos dados de consumo de água do hidrômetro geral e da soma de consumo dos hidrômetros individuais é apresentado nos Anexos 4 e 5.

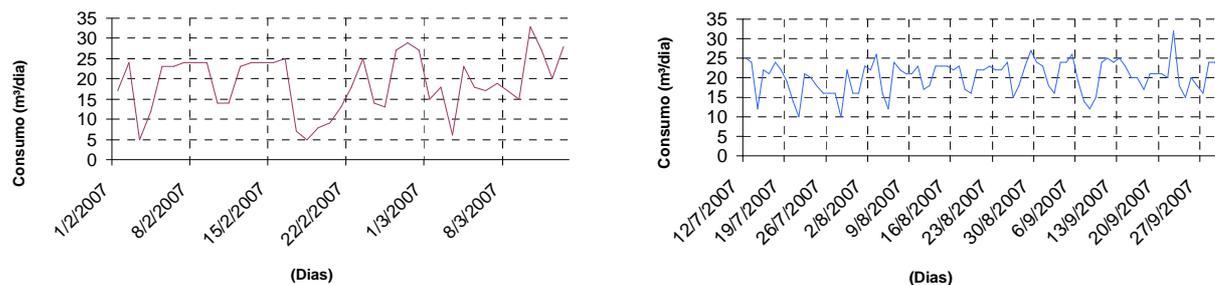
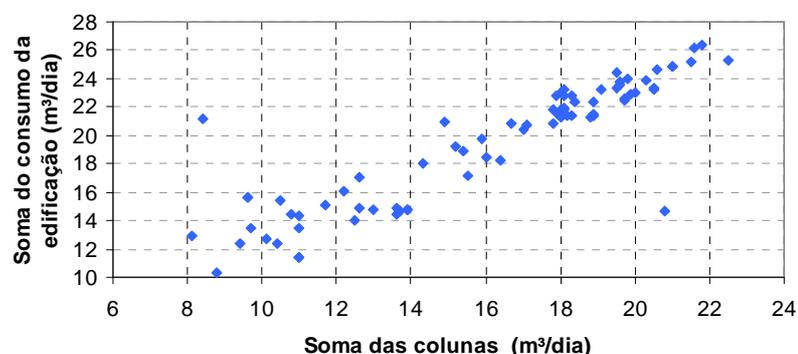


Figura 2: Série histórica de consumo de água – Hidrômetro geral

Foi observado um consumo médio de cerca de 19m<sup>3</sup>/dia para os meses de verão e de 21m<sup>3</sup>/dia para o inverno. A setorização do consumo de água permitiu inferir que há uma diferença de 0,62m<sup>3</sup>/dia do total de água que passa pelo hidrômetro geral em relação ao que passa pelas colunas de alimentação dos apartamentos, sugerindo um possível uso desse volume de água, para a rega de jardim (100,50m<sup>2</sup>) e limpeza da área externa do edifício. A avaliação do consumo após os hidrômetros das colunas de alimentação permite o descobrimento de possíveis perdas nos apartamentos. Com essa setorização foi observado um volume médio de 19,74m<sup>3</sup>/dia para a soma do consumo da edificação (apartamentos e área de lazer) e um volume de 16,36m<sup>3</sup>/dia medido pelos hidrômetros das colunas, demonstrando um erro de leitura dos hidrômetros das colunas de alimentação. De acordo com dados do fabricante Ciasey o hidrômetro instalado nas colunas possui um erro de +/-5% para vazões mínimas, sendo dessa forma pouco sensível a baixas vazões. A diferença observada nos volumes pode ser devido a este fato, corroborando esta idéia. No gráfico da Figura 3 pode ser observada uma maior dispersão relacionada às pequenas vazões.



**Figura 3: Relação entre o volume medido nas colunas e o volume consumido na edificação**

Com o monitoramento de consumo de 24h foi possível observar uma média de consumo de 750L para todos os apartamentos em 8 dias de monitoramento no período das 2 e 4h. O consumo, porém, mostrou-se aleatório entre alguns apartamentos e, além disso, mostrou-se descontínuo. Dessa forma, pode-se atribuir o consumo a um provável uso da bacia sanitária e dos chuveiros, visto que foi observado consumo de água fria e quente. A área de lazer apresentou um consumo médio de 1m<sup>3</sup>, correspondendo ao da área de piscina, sauna, churrasqueira e salão de festas pelos moradores.

Os resultados relativos às medições de qualidade de consumo de água são apresentados por meio de curvas de consumo para os meses de verão e inverno que indicam o consumo horário 24h (Figuras 4 e 5), coeficientes de vazão K1 e K2, gráficos para o consumo diário e mensal, indicadores de consumo de água *per capita*, por área e por dormitório. Além do indicador de consumo de energia relativa à água.

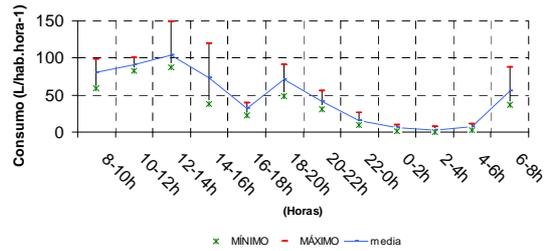
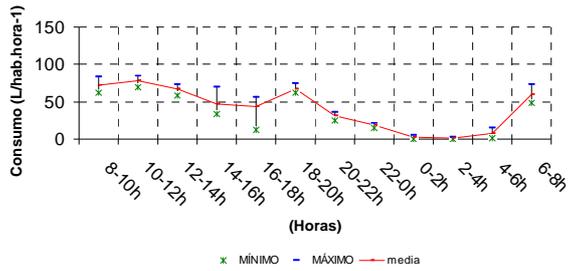


Figura 4: Perfil de consumo de água em 24h - Verão

Figura 5: Perfil de consumo de água em 24h - Inverno

Os perfis de 24h apresentam uma mesma tendência de consumo entre os meses de verão e inverno, sendo que, no inverno foi observado um consumo mais elevado na maior parte do tempo. Os intervalos de maior consumo observados foram: o primeiro das 6 às 8h, relacionado ao horário em que os moradores acordam e saem para desenvolver suas atividades, um segundo intervalo das 8 às 12h que, engloba o horário de almoço e um último das 16 às 18h que pode ser decorrente da chegada dos moradores em casa. Para verão e inverno há uma queda no consumo de 0 às 4h, horário em que os moradores estão dormindo.

Por meio da série histórica de consumo do hidrômetro geral e das leituras de 24h determinou-se o coeficiente do dia de maior consumo ( $K_1$ ) e o coeficiente de variação máxima horária ( $K_2$ ). O resultado de  $K_1$  (1,64) e de  $K_2$  (2,56), se comparados aos valores recomendados pela ABNT (NBR 12211/1992) para projetos de abastecimento que são de 1,2 e 1,5 estariam acima. Ficando nos intervalos dos valores encontrados por Rego et al., (1989) de 1,08 – 3,8 para  $K_1$  e 1,5 - 4,3 para  $K_2$  realizados em medições de um sistema que opera a vários anos na região metropolitana de São Paulo. Trata-se, porém, de uma comparação improvável de ser realizada, visto que os valores de  $K_1$  e  $K_2$  encontrados nesta pesquisa são para uma edificação multifamiliar, enquanto os valores citados na literatura técnica são para sistemas de abastecimento.

Os consumos semanais e mensais foram avaliados para determinação dos dias e meses de maior e menor consumo (Figuras 6 e 7).

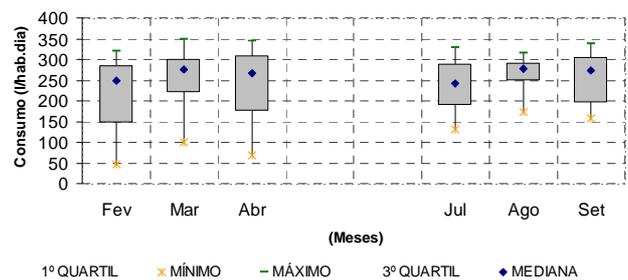
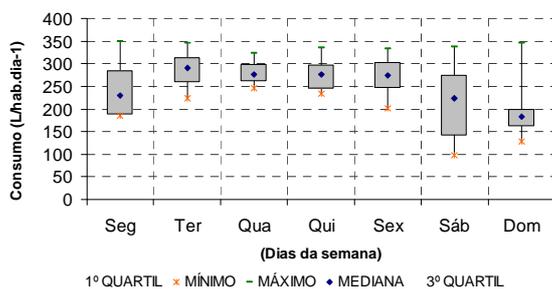


Figura 6: Consumo semanal *per capita*

Figura 7: Consumo mensal *per capita*

Pode-se observar na Figura 6, o consumo semanal do edifício, que o dia de maior consumo para o edifício é terça feira, provavelmente esse é o dia de limpeza geral da maior parte dos apartamentos e dia de lavagem de roupas acumuladas no final de semana. Nos outros dias da semana o consumo é muito próximo, indicando uma possível rotina nas tarefas domésticas, havendo uma queda nos finais de semana, período no qual a maior parte dos moradores está ausente das residências, de acordo com o acompanhamento realizado pelos porteiros da edificação.

Para a análise mensal, há um pequeno acréscimo nos meses de inverno, cujo consumo é de aproximadamente (255L/hab.dia<sup>-1</sup>), se comparado ao consumo médio dos meses de verão, que foi de cerca de (235L/hab.dia<sup>-1</sup>), o acréscimo nos meses de inverno pode ser devido a um aumento do volume de água quente na mistura principalmente para o banho.

### 3.2. Indicadores de consumo

Os indicadores de consumo *per capita*, por dormitório e por área obtidos para o edifício são apresentados juntamente com valores observados na literatura técnica para estudos realizados no Brasil e em outros países, apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Comparativo dos indicadores de consumo *per capita*, por dormitório e por área do Edifício convencional**

Local	Padrão da Edificação	Per capita L/hab.dia <sup>-1</sup>	Por dormitório L/dormitório.dia <sup>-1</sup>	Por área L./m <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup>	Autor/Entidade	Ano
Vitória - ES	Apartamentos/ Convencional	245	201	7	Resultados da Pesquisa	2007
Brasil	Apartamentos em Camburiu - SC	-	400 l/dorm.fam + 200 l/dorm. empregada	-	Berenhauser & Pulici	1983
Brasil	Apartamentos de luxo	300 a 400	300 a 400	-	Macintyre	1996
EUA -Texas	Convencional	263	-	-	Mayer	1999
Canadá	Convencional / Apto. familiar	-	-	2,24	CMHC <sup>1</sup>	2001
Vitória - ES	SIMIC <sup>2</sup>	155	188	5		
	BASC <sup>3</sup>	189	218	6	Rodrigues	2005
	SECO <sup>4</sup>	223	242	6		

<sup>1</sup> Canada Mortgage and Housing Corporation – Dados da edificação familiar

<sup>2</sup> SIMIC Edifícios dotados de bacia sanitária com caixa de descarga acoplada e sistema de medição individualizada

<sup>3</sup> BASC Edifícios dotados de bacia sanitária com caixa de descarga acoplada

<sup>4</sup> SECO Edifícios sem dispositivos economizadores

Compararam-se os indicadores obtidos com os levantados por Rodrigues (2005), em estudo realizado na mesma região, o indicador *per capita* de consumo do edifício apresenta-se superior para os três tipos de edificação, mesmo sendo uma edificação dotada de dispositivos economizadores como os encontrados nos tipos SIMIC e BASC de edificações estudadas por Rodrigues (2005).

Quando comparados ao resultado de Mayer (1999), que estudou edificações convencionais no Texas, os indicadores encontrados foram menores. Já o indicador de consumo de água por área apresenta-se superior ao apresentado por CMHC (2001), que avaliou edifícios de classe média de Winnipeg e, ficando bem próximo aos indicadores encontrados por Rodrigues (2005) para edificações do tipo BASC e SECO.

O indicador obtido de consumo por dormitório mostrou-se menor quando comparado aos encontrados por Berenhauser & Pulici (1983), que avaliaram apartamentos de classe média de Camburiu - SC e Mancityre (1996), que analisou apartamentos de luxo. Quando comparado aos valores obtidos por Rodrigues (2005) para edificações do tipo BASC e SECO o indicador

é menor e para edificações do tipo SIMIC é maior.

Uma comparação entre o consumo dos apartamentos demonstra como o mesmo pode ser diversificado dentro de uma mesma edificação (Tabela 3).

**Tabela 3: Comparativo entre o consumo *per capita* dos apartamentos**

Apartamento	Média de moradores e empregados	Consumo médio <i>per capita</i> (L/hab.dia <sup>-1</sup> )
20	3	255
19	4	238
18	4	342
17	5	227
16	5	259
15	4	335
14	4	227
13	3	206
12	3	288
11	6	325
10	4	301
9	0	0
8	4	315
7	5	141
6	3	171
5	4	434
4	5	309
3	4	222
2	4	282
1	3	206

Pode-se observar pela análise da Tabela 3 como o consumo de água é alto em alguns apartamentos. O elevado consumo pode ser explicado pela presença de crianças, animais de estimação e pelo número de adultos residentes, além disso, fatores como lavagem de roupas em casa, comportamento dos moradores e rotina de limpeza também influenciam no consumo de água. O 5º apartamento consome quase o dobro do consumo *per capita* médio da edificação (245L/hab.dia<sup>-1</sup>), o mesmo valor elevado de consumo é observado em cerca de 47% dos apartamentos, quando comparados ao consumo médio.

### 3.3. Setorização do consumo de energia

O consumo de água potável (m<sup>3</sup>/dia) na edificação é dividido em dois setores: apartamentos e área de lazer e comum (Figura 8). Já o consumo de energia é dividido em três setores: apartamentos (leituras diárias do consumo), condomínio (leitura diária do medidor geral) e bombas de recalque (analisador de qualidade de energia), como pode ser observado na Figura 9.

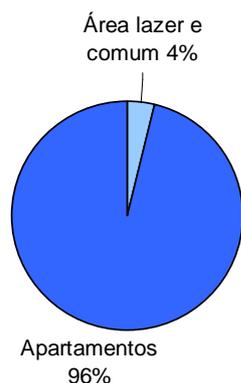


Figura 8: Setorização do consumo de água

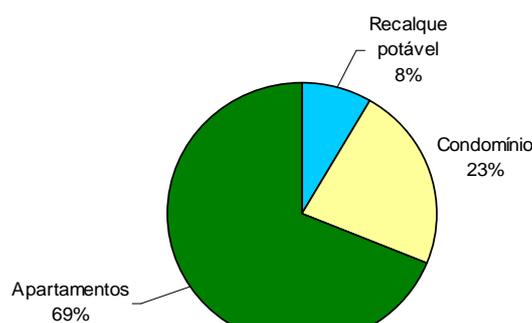


Figura 9: Setorização do consumo de energia

O consumo de água potável é maior para os apartamentos, correspondendo a cerca de 16m<sup>3</sup>/dia, aproximadamente. O consumo de água potável na área de lazer e comum é cerca de 4m<sup>3</sup>/dia e deve-se ao uso do local para realização de festas e eventos do condomínio, além da limpeza e manutenção da piscina, para a rega da área permeável realizada cerca de 5 vezes na semana e a limpeza da área comum realizada 3 vezes na semana.

O gasto energético das bombas de recalque é significativo, correspondendo a 8% do consumo total da edificação e aproximadamente 25% do consumo total do condomínio, essa parcela indica quanto o consumo de água representa na conta de energia. A bomba de recalque é acionada 5 vezes durante a semana e 3 vezes nos finais de semana, permanecendo ligada 30min por acionamento. Avaliando o consumo total de água dos apartamentos juntamente com o consumo de energia das bombas de recalque, obtido pelo analisador de qualidade de energia, foi possível estabelecer uma relação entre a quantidade de energia despendida (kWh) e o volume (m<sup>3</sup>) de água recalcado, ou seja, consumido. Foi encontrado um consumo médio diário de cerca de 20m<sup>3</sup> de água potável e aproximadamente 28kWh de energia das bombas, o que possibilita estabelecer um indicador médio de consumo de 1,40kWh/m<sup>3</sup>. Considerando o valor de R\$0,49/kWh de acordo com o manual da Procel Eletrobrás (2001), o consumo energético no recalque de água corresponde em termos econômicos a R\$0,19/hab.dia<sup>-1</sup>, pagos na conta de energia.

#### 4. Conclusão

Os perfis de 24h apresentam uma mesma tendência de consumo entre os meses de verão e inverno, sendo que, no inverno foi observado um consumo mais elevado na maior parte do tempo. Os intervalos de maior consumo observados foram: das 6 às 8h, das 8 às 12h e das 16 às 18h. Havendo uma queda no consumo entre 0 e 4h;

Terça feira foi o dia de maior consumo, com cerca de 280L/hab.dia<sup>-1</sup>, sendo que os outros dias da semana apresentam um consumo muito próximo, havendo uma queda nos finais de semana;

Para o consumo mensal, há um pequeno acréscimo nos meses de inverno, cujo consumo é de aproximadamente (255L/hab.dia<sup>-1</sup>), se comparado ao dos meses de verão, que foi de cerca de (235L/hab.dia<sup>-1</sup>);

O indicador de consumo *per capita* mostrou-se superior aos indicadores encontrados em outros trabalhos realizados para edificações do mesmo padrão, e superiores aos indicadores de

consumo de classes baixas;

O indicador de consumo por área mostrou-se superior aos indicadores encontrados em outros trabalhos realizados para edificações localizadas no mesmo bairro e em bairros adjacentes realizado por Rodrigues (2005), enquanto o indicador por dormitório mostrou-se superior aos apartamentos tipo SIMIC e inferior aos tipo SECO e BASC;

O indicador de consumo energético relativo à água foi de 1,40kWh/m<sup>3</sup>, e foi possível, ainda, com o cálculo desse indicador quantificar quanto custa na conta de água a parcela de energia necessária ao recalque (R\$0,19/hab·dia<sup>-1</sup>);

Detectou-se um possível erro de medição nos hidrômetros das colunas, visto que há um maior volume medido na soma dos apartamentos se comparado ao volume registrado pelos medidores;

O monitoramento de perdas das 2 e 4h permitiu observar a ausência de vazamentos nos apartamentos, visto que o consumo entre esses horários foi distribuído de forma aleatória e descontínua entre os apartamentos da edificação.

## 5. Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalações Predial de Água Fria: NBR 5626. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário – Projeto e Execução: NBR 8160. Rio de Janeiro, 1999.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Estudo de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento: NBR 12211. Rio de Janeiro, 1992.

ANA, FIESP & SindusCon-SP. Conservação e Reúso da Água em Edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução N° 256 de julho de 2001.

BAPTISTA, F. R. da Matta. Caracterização física e comercial do lixo urbano de Vitória-ES, em função da classe social da população geradora. 2001. 263 f. Dissertação de mestrado – Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2001.

BERENHAUSER, C. J. B.; PULICI, C. Previsão de Consumo de água por tipo de Ocupação do Imóvel. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 12. 12, 1983, Balneário de Camboriú, Santa Catarina. Anais... Santa Catarina, ABES, 1983.

CMHC - *Canada Mortgage and Housing Corporation*. Disponível em:  
< [http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/inpr/su/waco/waar/waar\\_001.cfm](http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/inpr/su/waco/waar/waar_001.cfm) > Acesso em: 15 out. de 2008.

GONÇALVES, E.; ALVIM, P. R. A. Guia Prático para Pesquisa e Combate a Vazamentos não Visíveis. Brasília, DF: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA, Ministério das Cidades, 2005.

HELLER, Léo, PÁDUA, Valter Lúcio de. Abastecimento de água para consumo humano. Editora UFMG, Belo Horizonte, 2006.

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Disponível em:  
<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=64> Acesso em 12 nov. de 2008.

MACINTYRE, A. J. Instalações hidráulicas prediais e industriais. 3ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996.

Mayer, P.W., W.B. DeOreo. *Residential End Uses of Water*. American Water Works Association (AWWA). Research Foundation. Denver, CO. 310 pg. 1999.

NARCHI, H. A demanda doméstica de água. Revista DAE, v. 49, n. 154, p. 1-7, jan./mar. 1989.

PENNA, J. A.; SOUZA, B. A.; SOUZA, F. Análise do consumo *per capita* de água de abastecimento de cidades de Minas Gerais com população de 10000 a 50000 habitantes. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9., Porto Seguro, 1993.

PROCEL, ELETROBRÁS, Orientações Gerais para Conservação de Energia Elétrica em Prédios Públicos. Primeira Edifício Rio de Janeiro. Abril, 2001.

Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA, 1998. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br/>>. Acesso em: 15 out. de 2008.

REGO, C. H. ; TSUTIYA, M. T. ; MACHADO NETO, J. G. O. . Projetos executivos para as obras da etapa de melhoria e ampliação do sistema de abastecimento de água da cidade de São José dos Campos. 1989. (Projeto executivo).

RODRIGUES, L. C. S. Avaliação da eficiência de dispositivos economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória-ES. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS –Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2006. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU/PR; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada –IPEA.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 2. edifício São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

ZORZAL, F. M. B. Indicador de qualidade ambiental urbana para o município de Vitória. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1998.

## Capítulo 3

---

### QUALIDADE DO CONSUMO DE ÁGUA E DE ENERGIA ATRELADA À ÁGUA EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL DOTADA DE UM SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZA

Monica Pertel, Ricardo Franci Gonçalves

#### *Resumo*

Uma das alternativas para racionalização do uso de água nos grandes centros urbanos é a prática do reúso de águas servidas que não possuem contribuição fecal. São empregadas nas descargas se bacias sanitárias, rega de jardins e limpeza de áreas externas e automóveis, contribuindo para a economia de água potável e para a redução do esgoto sanitário gerado. O objetivo deste trabalho é determinar a oferta de água cinza, a demanda de água de reúso, o consumo de água potável e o consumo energético atrelado ao consumo de água em uma edificação residencial situada na cidade de Vitória ES. A edificação é dotada de uma Estação de Tratamento de Águas Cinza – ETAC e possui sistema de medição individualizada por apartamento. O monitoramento foi realizado de janeiro a setembro de 2008, por meio de leituras diárias, sempre às 8h, de todos os hidrômetros e medidores de energia, além do levantamento de perfis de consumo de 24h e de indicadores *per capita*, por área e por dormitório. O consumo energético das bombas de recalque foi medido por meio eletrônico com a instalação de um analisador de energia. Os resultados indicam que o consumo de água foi maior no inverno, sendo a segunda feira o dia de maior consumo. Os perfis de consumo de 24h permitiram inferir sobre a rotina dos moradores, por meio da observação dos intervalos de maior consumo de água que ocorreram de 4 às 8h, para ambas estações, um segundo intervalo das 10 às 12h (verão) e de 12 às 14h (inverno) e um último das 18 às 20h (verão) e 20 às 22h (inverno). Foi também observada, uma grande diversidade entre o consumo dos apartamentos. A verificação de perdas foi realizada por meio da setorização do consumo de água, foi verificada uma possível perda entre o hidrômetro geral e o reservatório superior, as perdas nos apartamentos foram monitoradas por meio do consumo entre 2 e 4h não sendo verificado vazamentos. Não foi encontrada uma correlação entre o consumo de água e fatores externos e, as bombas de recalque foram responsáveis por 7% do total de energia consumida na edificação. Foi encontrado um indicador de 0,88kWh/m<sup>3</sup>. Assim, os resultados demonstram a importante contribuição do reúso como forma de economia de água potável e de redução do esgoto sanitário.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água cinza; Água de reúso; Conservação de água potável e energia; Indicadores de consumo; Perdas.

## **1. Introdução**

A água é considerada um recurso de extrema importância para a sociedade, pois participa da maior parte dos processos industriais, comerciais, domésticos e é fundamental para a agricultura, porém ela tende a se degradar em função do seu uso indiscriminado que compromete a quantidade de água com qualidade disponível para consumo.

Desta forma, é necessário que exista uma gestão integrada do recurso água, incentivando o seu uso racional e favorecendo o desenvolvimento de sistemas sustentáveis como forma de prevenção contra a escassez. Na prática, busca-se a racionalização do uso através de técnicas e procedimentos que resultem na preservação do recurso, sem que haja comprometimento dos usos fundamentais que mantêm a vida nas áreas urbanas.

A utilização de fontes alternativas como a prática do reúso de águas servidas que não possuem contribuição fecal, se mostra como uma alternativa para atender demandas que não exigem o uso de água potável. Essas águas, denominadas águas cinza são aquelas residuárias provenientes do uso de lavatórios, chuveiros, banheiras, máquinas de lavar roupa e tanque de acordo com Jeferson et al., (1999), e seriam empregadas nas descargas na bacia sanitária, rega de jardins e limpeza de áreas externas e automóveis. Devido à presença de óleos e gorduras, alguns autores não consideram como água cinza o efluente das pias de cozinha (NOLDE, 1999).

Nesse contexto, este trabalho pretendeu avaliar o consumo de água e as possíveis perdas em uma edificação residencial dotada de um sistema de reúso de águas cinza, por meio da setorização e estudo da variação de consumo horária, diária e sazonal, da comparação de indicadores *per capita*, por área e por dormitório, com indicadores da literatura técnica, além de avaliar a demanda de energia para sustentar o abastecimento (kW/m<sup>3</sup>).

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Considerações gerais**

O edifício dotado de reúso está localizado na Rua Constante Sodré, 1323, Praia do Canto - Vitória – ES, bairro de classe média alta de acordo com a classificação da prefeitura municipal, baseada no estudo de Baptista, (2001). Apresenta um elevado indicador de qualidade ambiental urbana – IQAU, de 74% de acordo com pesquisa desenvolvida por Zorzal (1998), sendo considerado o quarto melhor bairro para se morar na capital. A ocupação deste prédio, iniciada em agosto de 2007, é do tipo residencial multifamiliar, com dois apartamentos por andar (Figura 1A, 1B e 1C).



**Figura 1A: Edificação dotada de reúso**



**Figura 1B: Área permeável**



**Figura 1C: Área de lazer**

Conforme memorial descritivo, a edificação é constituída por 20 pavimentos, sendo: 1 térreo, 1 pavimento técnico, 2 pavimentos de garagem, 15 pavimentos de apartamentos e 1 cobertura, totalizando 8.427,03m<sup>2</sup> de área de construção total e 4.428,30m<sup>2</sup> de área de construção utilizada com uma densidade de ocupação de 60m<sup>2</sup>/hab.

No térreo está localizada a entrada principal de moradores e funcionários, havendo 121,20m<sup>2</sup> de área permeável, recepção, portaria, salão de festas, quadra de squash, copa para funcionários, além de 2 lavabos no salão de festas e 1 W.C. na portaria.

No pavimento técnico está instalada a Estação de Tratamento de Águas Cinza (ETAC) com 27m<sup>2</sup> (Figura 2), em seguida têm-se os dois pavimentos de garagem, o primeiro com 48 vagas e o segundo com 52 vagas.



**Figura 2: ETAC em escala real instalada na edificação**

O pavimento tipo possui 147,48m<sup>2</sup> de área utilizada, 174,61m<sup>2</sup> de área total e 18,71m<sup>2</sup> de área comum, sendo constituído por 4 quartos, 3 banheiros, 1 W.C., 1 lavabo, 1 sala, área de serviço, cozinha, dependência, circulação e 3 varandas.

Na cobertura (203,08m<sup>2</sup>) encontra-se a área de lazer com piscina (40,12m<sup>3</sup>), sauna, churrasqueira, copa, 3 lavabos e academia de ginástica.

O sistema hidrossanitário na edificação foi concebido de forma a coletar as águas residuárias segregadas em águas cinza e águas negras (efluentes de bacias sanitárias e cozinha) e duas linhas independentes e exclusivas para o abastecimento de água: uma de reúso e a outra de água potável. As águas cinza e as águas negras são coletadas por tubulações distintas e conduzidas a tratamentos diferenciados. Após o tratamento da água cinza existe um reservatório inferior e outro superior para armazenagem e distribuição da água de reúso. Os reservatórios de água de reúso e água potável são independentes. Foi prevista a reversão do sistema de reúso para abastecimento com água potável, em caso de necessidade. Em caso de falta de água de reúso o reservatório de água de reúso pode ser abastecido com água potável,

para isso é necessário realizar um processo manual de abertura e fechamento de válvulas das tubulações de recalque. Não há risco de contaminação da tubulação de água potável com água de reúso, visto que a tubulação de água potável chega no reservatório do lado oposto da de água de reúso. As águas negras ou fecais são conduzidas a rede pública de esgoto sanitário. A Tabela 1 mostra os pontos de consumo de água com destaque aos locais de coleta de água cinza.

**Tabela 1: Pontos de consumo de água potável e não potável**

<b>Pavimentos</b>	<b>Tipo de água</b>	<b>Acessórios</b>	<b>Locais de uso</b>
<b>Térreo</b>	Potável	1 chuveiro e 3 lavatórios, 1 tanque e 1 pia	W.C., lavabo e copa
	Não potável	3 bacias sanitárias e 2 torneiras	W.C., lavabo e jardim
<b>Pav. Técnico</b>	não potável	1 torneira	ETAC
<b>G1 e G2</b>	Não potável	9 torneiras	Estacionamento
<b>4º ao 18º (apartamentos)</b>	Potável	4 chuveiros, 5 lavatórios, 1 pias, 1 tanque e 1 máquina de lavar	W.C., lavabo, cozinha e área de serviço
	Não potável	5 bacias sanitárias	W.C. e lavabo
<b>Cobertura (área de lazer)</b>	Potável	2 duchas, 2 lavatórios e 3 pias	Lavabo, sauna, piscina, churrasqueira e copa
	Não potável	3 bacias sanitárias e 1 torneira	Lavabo e área privativa

Todo o efluente proveniente dos chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas são coletados por um ramal predial especial de coleta de águas cinza e conduzidos por gravidade à ETAC.

O edifício dotado de reúso possui sistema de medição individual, apresentando um hidrômetro por apartamento para monitorar o consumo de água fria e ainda conta com o medidor da concessionária, com um total de 31 hidrômetros.

A fim de complementar o sistema de medição já existente e setorizar o consumo instalaram-se mais oito hidrômetros, nos seguintes pontos para o edifício:

- Colunas de alimentação de água potável e reúso (Ciasey 2”);
- Área de lazer e uso do condomínio para água potável e reúso (LAO ½”);
- ETAC – Entrada e saída do tratamento (Ciasey 1 ½”).

Um corte da edificação com a localização de cada medidor pode ser visualizado no anexo 3.

O edifício possui o aquecimento da água feito por meio de um aquecedor de gás de passagem ou acumulação por apartamento, havendo misturadores de água nos banheiros. Há pontos de água quente nos banheiros e na cozinha. Apresenta ainda, medidas de economia de água na concepção de seu sistema hidrossanitário, como caixas acopladas nas bacias sanitárias, arejadores nas torneiras de pias e lavatórios.

## 2.2. Monitoramento do consumo

O monitoramento do consumo de água e energia no edifício foi realizado em duas etapas: a primeira entre fevereiro e maio (verão) e a seguinte de junho a setembro (inverno) de 2008. A metodologia de monitoramento de água e energia adotada foi a mesma descrita por Pertel<sup>2</sup>

O analisador de grandezas elétricas, modelo RE6000 EMBRASUL, foi instalado na edificação em março de 2008.

O edifício possui quatro motores da marca WEG com 5,0cv de potência, sendo dois para o recalque de água potável e dois para o recalque de água de reúso. As bombas que recalcam água potável são acionadas cerca de quatro vezes durante os dias da semana e de duas a três vezes nos finais de semana, permanecendo ligada durante aproximadamente 50 minutos por acionamento. As bombas de recalque de água de reúso são acionadas quatro vezes durante os dias da semana e três vezes nos finais de semana e permanecem ligadas cerca de 17 minutos por acionamento.

A detecção de vazamentos seguiu a mesma metodologia adotada em Pertel<sup>1</sup>.

## 2.3. Tratamento dos dados

A metodologia adotada foi semelhante ao descrito em Pertel<sup>1</sup> para a quantificação dos indicadores, curva de consumo de 24h e de K1 e K2. Para a avaliação da setorização do consumo, foram considerados dados de consumo total da edificação ( $m^3/dia$ ).

Para os cálculos de consumo de água de reúso foi avaliado o período a partir de abril a setembro de 2008, visto que os hidrômetros foram instalados na ETAC somente no mês de abril.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Consumo

O monitoramento do consumo de água foi realizado no período de fevereiro a setembro de 2008. O período considerado na avaliação de séries históricas de consumo foi do dia 18 de abril (instalação de todos os hidrômetros da setorização) a 30 de setembro, a série histórica do consumo total da edificação medido no hidrômetro da concessionária pode ser observado na Figura 3. Teste de normalidade hidrômetro geral e soma dos individuais Anexo 6 e 7.

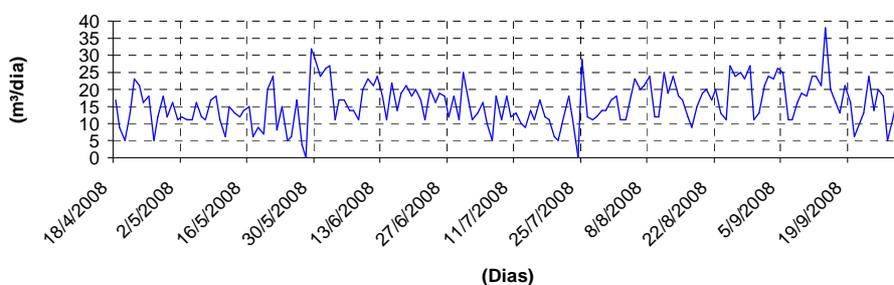
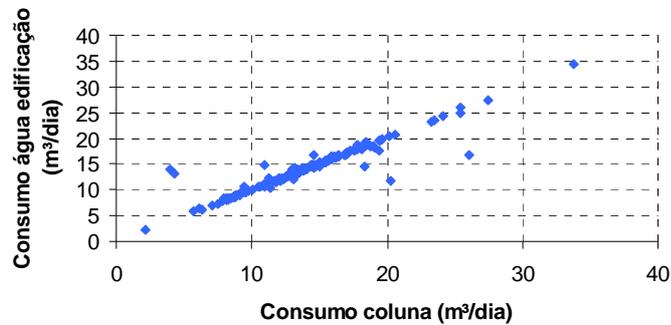


Figura 3: Série histórica de consumo de água potável – hidrômetro geral

<sup>2</sup> Pertel – Qualidade do consumo de água e energia atrelada à água em uma edificação residencial com sistema hidrossanitário convencional (Capítulo 2)

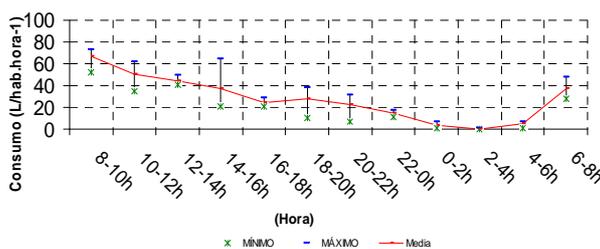
Verificou-se um consumo diário médio de  $15,80\text{m}^3$  com um desvio padrão de  $6,31$  em 166 dias de monitoramento. A setorização do consumo de água permitiu inferir que há uma diferença média de  $1,88\text{m}^3/\text{dia}$  do total de água que passa pelo hidrômetro geral em relação ao que passa pelas colunas de alimentação dos apartamentos, sugerindo uma possível perda desse volume de água, visto que as torneiras para rega da área permeável ( $121,20\text{m}^2$ ) são abastecidas com água de reúso. As possíveis perdas nos apartamentos foram monitoradas por meio da comparação entre o volume medido na coluna de abastecimento ( $13,81\text{m}^3/\text{dia}$ ) e a soma dos volumes consumidos nos apartamentos, na área de lazer e na área comum ( $13,92\text{m}^3$ ). De acordo com dados do fabricante Ciasey o hidrômetro instalado nas colunas possui um erro de  $\pm 5\%$  para vazões mínimas, sendo pouco sensível a baixas vazões e, portanto, a diferença encontrada dentro dos limites de erro do aparelho. Não foi observada uma grande dispersão entre os dados, demonstrando que uma tendência a uniformidade no consumo, conforme Figura 4.



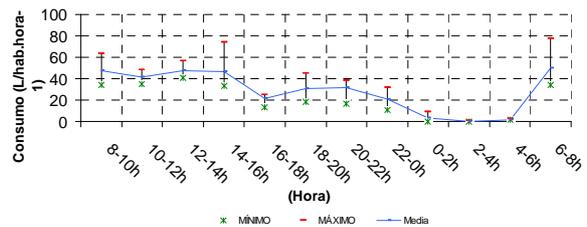
**Figura 4: Relação entre o volume medido nas colunas e o volume consumido na edificação**

Com o monitoramento de consumo de 24h foi possível observar uma média de consumo de  $700\text{L}$  para todos os apartamentos em 8 dias de monitoramento no período entre 2 e 4h. O consumo, porém, mostrou-se aleatório entre alguns apartamentos e, além disso, não foi contínuo. Dessa forma, pode-se atribuir o consumo a um provável uso de torneiras, lavatórios e dos chuveiros, visto que as bacias sanitárias são abastecidas com água de reúso. A área de lazer apresentou um consumo médio de  $1,05\text{m}^3$ , correspondendo ao da área de piscina, sauna, churrasqueira e  $0,4\text{m}^3$  correspondendo aos usos do salão de festas pelos moradores e funcionários da edificação.

Os resultados relativos às medições de consumo de água são apresentados por meio de curvas de consumo para os meses de verão e inverno que indicam o consumo horário 24h (Figuras 5 e 6), coeficientes de vazão K1 e K2, gráficos para o consumo diário e mensal, indicadores de consumo de água *per capita*, por área e por dormitório. Além do indicador de consumo de energia relativa à água.



**Figura 5: Perfil de consumo de água em 24h - Verão**



**Figura 6: Perfil de consumo de água em 24h - Inverno**

Os gráficos de perfil de consumo 24h representam o consumo médio relativo a quatro perfis realizados durante a pesquisa. Os perfis de 24h apresentam uma mesma tendência de consumo entre as estações. Os intervalos de maior consumo observados foram: o primeiro intervalo foi das 6 às 8h, para ambas estações, um segundo intervalo das 10 às 12h (verão) e das 12 às 14h (inverno) e um último das 18 às 20h (verão) e 20 às 22h (inverno). Ocorre, ainda, uma queda no consumo das 0 às 4h. Esses resultados se assemelham aos observados por Pertel<sup>1</sup> em uma edificação com os mesmos padrões construtivos. Os gráficos de consumo de 24h permitem inferir sobre os hábitos dos moradores, como horários em que acordam, saída para o trabalho, horário de almoço, retorno do trabalho e horário de dormir.

Por meio da série histórica de consumo do hidrômetro geral e das leituras de 24h determinou-se o coeficiente do dia de maior consumo ( $K_1$ ) e o coeficiente de variação máxima horária ( $K_2$ ). O cálculo de  $K_1$  e  $K_2$  é importante para o dimensionamento do sistema de reúso. O resultado de  $K_1$  (2,40) e de  $K_2$  (2,25), se comparados aos valores recomendados pela ABNT (NBR 12211/1992) para projetos de abastecimento que são de 1,2 e 1,5 estariam acima. Ficando nos intervalos dos valores encontrados por Rego et al., (1989) de 1,08 – 3,8 para  $K_1$  e 1,5 - 4,3 para  $K_2$ , realizados em medições de um sistema que opera a vários anos na região metropolitana de São Paulo. Quando comparados aos valores encontrados por Pertel<sup>1</sup>, mostram-se maiores para  $K_1$  (1,64) e menores para  $K_2$  (2,56) para uma edificação semelhante em termos construtivos e de localização, porém sem um sistema de reúso. Conforme observado em Pertel<sup>1</sup> a comparação entre os valores calculados para as edificações e os valores indicados pela literatura técnica é difícil de ser realizado devido às diferenças entre os sistemas.

Os consumos semanais e mensais foram avaliados para determinação dos dias e meses de maior e menor consumo (Figuras 7 e 8).

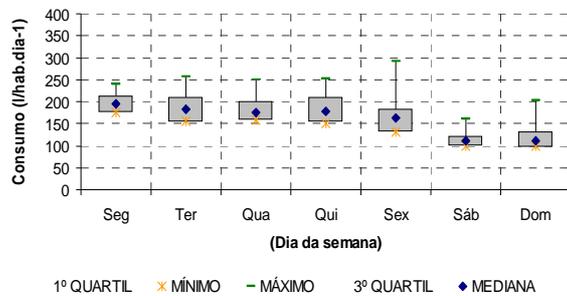


Figura 7: Consumo semanal *per capita*

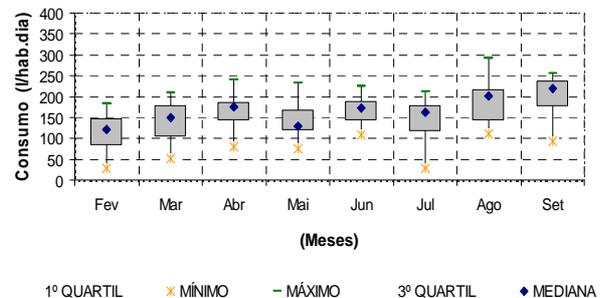


Figura 8: Consumo mensal *per capita*

Por meio da avaliação semanal do edifício, constatou-se que o dia de maior consumo é a segunda-feira, provavelmente esse é o dia de limpeza geral dos apartamentos e dia de lavagem de roupas acumuladas do final de semana. Nos outros dias da semana o consumo é muito próximo, indicando uma possível rotina nas tarefas domésticas, havendo uma queda nos finais de semana, período no qual a maior parte dos moradores deve se ausentar das residências.

Mensalmente, há um significativo acréscimo nos meses de inverno, cujo consumo é de aproximadamente (175L/hab.dia<sup>-1</sup>), se comparado aos meses de verão, que foi de cerca de (141L/hab.dia<sup>-1</sup>), comportamento semelhante é observado no edifício convencional descrito em Pertel<sup>1</sup>, porém o consumo edificação convencional é maior que o da edificação dotada de reúso nos dois períodos avaliados.

### 3.2. Indicadores de consumo

Os indicadores de consumo *per capita*, por dormitório e por área obtidos para os dois edifícios são apresentados juntamente com valores observados na literatura técnica para estudos realizados no Brasil e em outros países, apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Comparativo dos indicadores de consumo *per capita*, por dormitório e por área do Edifício convencional e do Edifício dotado de reúso de águas cinza**

Local	Padrão da Edificação	Per capita L/hab.dia <sup>-1</sup>	Por dormitório L/dormitório.dia <sup>-1</sup>	Por área L./m <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup>	Autor/Entidade	Ano
Vitória - ES	Apartamentos/ Dotada de reúso	164	115	4	Resultados da Pesquisa	2008
Vitória - ES	Apartamentos/ Convencional	245	201	7	Pertel <sup>1</sup>	2007
Brasil	Apartamentos em Comburiu SC	-	400 l/dorm.fam + 200 l/dorm. empregada	-	Berenhauser & Pulici	1983
Canadá	Convencional / Apto. familiar	-	-	2,24	CMHC <sup>2</sup>	2001
Brasil	Apartamentos de luxo	300 a 400	300 a 400	-	Macintyre	1996
EUA -Texas	Convencional	263	-	-	Mayer	1999
Vitória - ES	SIMIC <sup>3</sup>	155	188	5	Rodrigues	2005
	BASC <sup>4</sup>	189	218	6		
	SECO <sup>5</sup>	223	242	6		

<sup>2</sup> Canada Mortgage and Housing Corporation – Dados da edificação familiar

<sup>3</sup> SIMIC Edifícios dotados de bacia sanitária com caixa de descarga acoplada e sistema de medição individualizada

<sup>4</sup> BASC Edifícios dotados de bacia sanitária com caixa de descarga acoplada

<sup>5</sup> SECO Edifícios sem dispositivos economizadores

Todos os valores encontrados para a edificação com reúso apresentam-se menores que os encontrados por Pertel<sup>1</sup>, ficando ainda abaixo dos indicadores encontrados por Rodrigues (2005) para as edificações do tipo BASC e SECO e superior ao tipo SIMIC quando comparado o valor *per capita*. Com relação ao indicador por dormitório, foi menor que os encontrados por Rodrigues (2005) para edificações do tipo SIMIC, por Macintyre (1996) e Berenhauser e Pulici (1983). Já o indicador por área, foi semelhante ao encontrado por Rodrigues (2005) para edificações do tipo SIMIC.

A avaliação do consumo na edificação dotada de reúso permite inferir sobre a importância do reúso de águas cinza como medida de conservação de água potável. A comparação do consumo entre a edificação com esse sistema de economia com a edificação convencional permite observar quantitativamente esta economia que se reflete como um ganho econômico para os moradores e um ganho ambiental ainda maior.

Uma comparação entre o consumo dos apartamentos demonstra como pode ser diversificado o consumo dentro de uma mesma edificação (Tabela 3).

Quando os indicadores de consumo *per capita* de ambas edificações avaliadas são comparados ao consumo de edificações de baixa renda como valores descritos pelo PNCDA (1998), que avaliou o consumo de quatro edifícios de baixa renda em São Paulo, encontrando um *per capita* de 109 L/hab.dia, Kiperstok (2008) que acompanhou o consumo de água em residências de baixa renda no estado da Bahia com o consumo de 80L/hab.dia e Philippi

(2008) que estudou o consumo em uma residência no bairro de Ratoles na periferia de Florianópolis (144L/hab.dia), os indicadores encontrados na pesquisa apresentam-se maiores, sugerindo que, à medida que ascendem as classes sócio-econômicas há um crescimento no consumo *per capita* de água, comportamento congruente com a literatura técnica.

**Tabela 3: Comparativo entre o consumo *per capita* dos apartamentos**

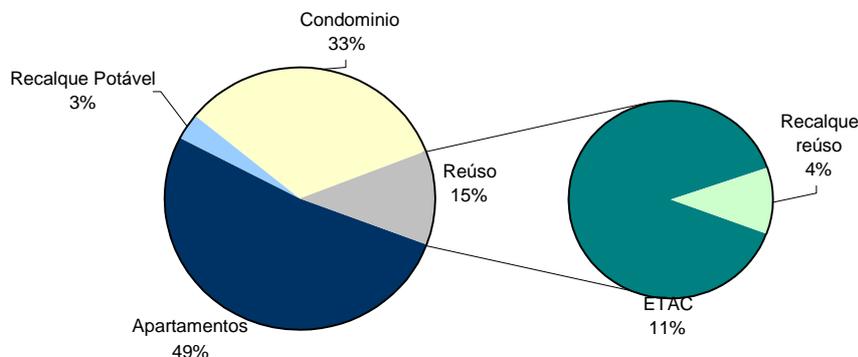
Apartamento	Média moradores e empregados	Consumo <i>per capita</i> médio (L/hab.dia <sup>-1</sup> )
1801	2	253
1802	3	36
1701	2	190
1702	3	118
1601	3	319
1602	4	111
1501	3	418
1502	3	129
1401	0	0
1402	3	303
1301	3	253
1302	5	104
1201	4	252
1202	0	0
1101	3	189
1102	3	76
1001	3	105
1002	2	190
901	0	0
902	4	166
801	0	0
802	2	175
701	0	0
702	2	88
601	2	357
602	3	205
501	0	0
502	2	301
401	4	0
402	2	402

Observa-se como o consumo de água é alto em alguns apartamentos, o que pode ser explicado, provavelmente, pela presença de crianças, animais de estimação e pelo número de adultos residentes. Além disso, fatores como lavagem de roupas em casa, comportamento dos moradores e rotina de limpeza também influenciam no consumo de água. Muitos apartamentos (52%) consomem cerca de o dobro do indicador *per capita* médio 164L/hab.dia<sup>-1</sup> da edificação.

### 3.3. Setorização do consumo de energia

A instalação dos analisadores de qualidade de energia possibilitou a setorização do consumo

de energia elétrica nos edifícios. Os setores monitorados no edifício foram: apartamentos (leituras diárias do consumo), condomínio (leitura diária do medidor geral) e bombas de recalque (analisador de qualidade de energia), conforme observado na Figura 9.



**Figura 9: Setorização do consumo de energia para o edifício dotado de reúso**

Foram monitoradas separadamente, as bombas de recalque de água de reúso e de água potável. O consumo das bombas do edifício dotado de reúso mostrou-se semelhante ao do edifício convencional descrito por Pertel<sup>1</sup>. Nesta edificação o consumo do recalque corresponde a cerca de 7% do consumo total de energia do edifício. A redução de energia demandada pelas bombas de recalque nessa edificação pode estar associada à redução do consumo *per capita* de água potável.

Avaliando o consumo total de água dos apartamentos juntamente com o consumo de energia das bombas de recalque, obtido pelo analisador de qualidade de energia, foi possível estabelecer uma relação entre a quantidade de energia despendida (kWh) e o volume (m<sup>3</sup>) de água recalado, ou seja, consumido. Para o edifício foi realizado o cálculo com a soma do consumo de água potável e de reúso e a soma dos recalques. Observou-se um consumo diário médio de aproximadamente 13m<sup>3</sup> de água potável e água de reúso e de 12kWh de energia das bombas de recalque de água potável e de reúso. Com esses dados foi obtido o indicador de 0,88kWh/m<sup>3</sup>, menor que o encontrado para a edificação convencional (1,40kWh/m<sup>3</sup>) de acordo com Pertel<sup>1</sup>. Considerando o valor de R\$0,49/kWh de acordo com o manual da Procel Eletrobrás (2001), o consumo energético no recalque de água corresponde em termos econômicos a R\$0,07/hab·dia<sup>-1</sup>, pagos na conta de energia.

A economia no consumo energético é verificada na medida em que o volume de água potável recalçada é diminuído devido ao aporte de água de reúso para os usos nas bacias sanitárias, nas torneiras para rega de jardim e para a limpeza da área comum da edificação.

#### 4. Conclusão

Nas curvas de 24h observou-se a mesma tendência de consumo entre os perfis de consumo *per capita*, por área e por dormitório, no período de verão e inverno, com intervalos de maior consumo entre 6 às 8h. Para ambas estações, um segundo intervalo das 10 às 12h (verão) e de 12 às 14h (inverno) e um último das 18 às 20h (verão) e 20 às 22h (inverno);

Evidenciou-se que os dias de início da semana caracterizam-se como de maior consumo de

água e nos finais de semana há uma relativa queda do consumo, quando feita a comparação mensal, os meses de inverno apresentam um maior consumo;

Os indicadores de consumo *per capita* mostram-se menores aos indicadores encontrados em outros trabalhos realizados para edificações do mesmo padrão, apresentam-se maiores quando comparados aos indicadores de consumo de classes baixas, quando comparadas às edificações estudadas observa-se que a edificação convencional apresenta um consumo *per capita* 67% maior que a dotada de reúso;

Os indicadores de consumo por área e por dormitório mostraram-se, também, na maior parte dos casos, menores quando comparados a indicadores de outro estudo para edificações localizadas na mesma área;

As bombas de recalque são responsáveis por cerca de 7% da energia demandada na edificação;

Foi obtido o indicador de 0,88kWh/m<sup>3</sup>. Este consumo energético no recalque de água corresponde em termos econômicos a R\$0,07/hab·dia<sup>-1</sup> para o edifício, pagos na conta de energia;

Foi observada uma diferença de 1,88m<sup>3</sup> entre o volume de água medido no hidrômetro geral e os hidrômetros instalados nas colunas, sugerindo uma possível perda desta água em vazamentos não visíveis;

O consumo medido pelo hidrômetro instalado na coluna de abastecimento foi muito próximo ao volume consumido considerando-se a soma dos apartamentos, área de lazer e área comum.

O monitoramento de perdas entre 2 e 4h permitiu observar a ausência de vazamentos nos apartamentos, visto que o consumo entre esses horários foi distribuído de forma aleatória de descontínua entre os apartamentos.

## 5. Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Estudo de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento: NBR 12211. Rio de Janeiro, 1992.

BAPTISTA, F. R. da Matta. Caracterização física e comercial do lixo urbano de Vitória-ES, em função da classe social da população geradora. 2001. 263 f. Dissertação de mestrado – Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2001.

BERENHAUSER, C. J. B.; PULICI, C. Previsão de Consumo de água por tipo de Ocupação do Imóvel. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 12. 12, 1983, Balneário de Camboriú, Santa Catarina. Anais. Santa Catarina, ABES, 1983.

CMHC - *Canada Mortgage and Housing Corporation*. Disponível em:

< [http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/inpr/su/waco/waar/waar\\_001.cfm](http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/inpr/su/waco/waar/waar_001.cfm) > Acesso em: 15 out. de 2008.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 23 de out. de 2008.

JERFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHERSON, T.; JUDD, S. Technologies for domestic wastewater recycling. *Urban Water*. v. 1, n. 4, p. 285-292, 1999.

KIPERSTOK, Asher . Otimização do uso e reúso de água em residências e prédios públicos. Relatório final Rede PROSAB 5. 2008.

MACINTYRE, A. J. Instalações hidráulicas prediais e industriais. 3ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996.

Mayer, P.W., W.B. DeOreo. *Residential End Uses of Water*. American Water Works Association (AWWA). Research Foundation. Denver, CO. 310 pg. 1999.

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-story buildings – over ten years experience in Berlin. *Urban Water*. v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.

PHILIPPI, L. S. Desenvolvimento e avaliação de processos para o uso de fontes alternativas de água visando à sua conservação. Relatório final Rede PROSAB 5. 2008.

PROCEL, ELETROBRÁS, Orientações Gerais para Conservação de Energia Elétrica em Prédios Públicos. Primeira Edifício Rio de Janeiro. Abril, 2001.

Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA, 1998. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br/>>. Acesso em: 15 out. de 2008.

REGO, C. H. ; TSUTIYA, M. T. ; MACHADO NETO, J. G. O. . Projetos executivos para as obras da etapa de melhoria e ampliação do sistema de abastecimento de água da cidade de São José dos Campos. 1989. (Projeto executivo).

RODRIGUES, L. C. S. Avaliação da eficiência de dispositivos economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória-ES. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ZORZAL, F. M. B. Indicador de qualidade ambiental urbana para o município de Vitória. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1998.

## Capítulo 4

---

### *Produção de água cinza e consumo de água de reúso em uma edificação residencial*

Monica Pertel, Ricardo Franci Gonçalves

#### *Resumo*

Há uma nítida tendência do setor da construção civil, nos países industrializados principalmente, no desenvolvimento de edifícios que adotam medidas de consumo sustentáveis. Soluções que exigem uma profunda revisão do uso da água, da energia e do gerenciamento de resíduos nas residências, visando a redução do consumo de água potável e, conseqüentemente, da produção de águas residuárias e da energia gasta nos processos. O objetivo deste trabalho é avaliar a produção de água cinza e o consumo de água de reúso em uma edificação residencial multifamiliar na cidade de Vitória – ES. O monitoramento foi realizado de janeiro a setembro de 2008, por meio de leituras diárias, sempre às 8h, de todos os hidrômetros além do levantamento de perfis de consumo de 24h e de índices *per capita*, por área e por dormitório. Foi realizado, ainda, o balanço hídrico e calculado o coeficiente de retorno. Os resultados indicam que o consumo de água de reúso corresponde a cerca de 22% do consumo de água total da edificação, utilizada na descarga da bacia sanitária, na rega das áreas permeáveis e na lavagem de área comum. Além disso, do total de água cinza produzida apenas aproximadamente 32% é utilizada no edifício, havendo um excedente de cerca de 68% não aproveitado, que segue para a rede da concessionária. A maior parte do consumo de água de reúso ocorre nos apartamentos, seguido da área comum e da área de lazer. Assim, os resultados indicam que a economia proporcionada pelo reúso de água cinza poderia ser ainda maior, diminuindo ainda mais o consumo de água potável e a geração de esgoto sanitário.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água cinza; Água de reúso; Edificações inteligentes.

## **1. Introdução**

A sustentabilidade é um termo recente, sendo aplicado na construção civil como forma de definir as atribuições dos edifícios inteligentes que garantem melhor qualidade de vida aos seus habitantes e promovem baixos impactos ambientais. Segundo Tavares (2006) o termo começa a ser cada vez mais comum aos brasileiros. O mercado imobiliário começa a ter um visão dos atrativos, tanto comerciais quanto ambientais que esses empreendimentos proporcionam, além do retorno financeiro garantido. Assim, se tem a oportunidade de diminuir os impactos da urbanização futura.

Kats (2003) diz que alguns dos benefícios dos edifícios inteligentes são de fácil mensuração, como o consumo de água e energia, enquanto outros são um pouco mais difíceis como uso de materiais recicláveis e melhorias no ambiente interno. A maneira indicada de se projetar uma edificação ecologicamente correta seria dividir o edifício em seus componentes básicos: o que entra, o que sai e como os fatores internos e externos se relacionam. Dessa maneira procurar maximizar a eficiência, reduzindo os efeitos adversos ao ambiente na fase de construção e também de funcionamento (Yang, 1999).

A busca pela sustentabilidade no meio urbano compreende o uso das mais variadas práticas possíveis de conservação dos recursos como água e energia. Nesse sentido, a parcela referente ao consumo de água nas residências é estratégica para a concepção de programas de conservação desse recurso em áreas urbanas, contanto medidas de conservação e uso racional devem fazer parte da gestão de oferta e demanda e, nesse ponto a prática do reúso de águas servidas que não possuem contribuição fecal, se mostra como uma alternativa para atender demandas que não exigem o uso de uma água potável.

Dentro deste contexto, esta pesquisa visou avaliar a produção de água cinza e o consumo de água de reúso em uma edificação residencial multifamiliar em Vitória – ES avaliando o balanço hídrico e a conseqüente redução no volume de água potável necessária ao abastecimento e a diminuição do esgoto sanitário lançado na rede de captação.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Considerações gerais**

O edifício dotado de reúso está localizado na Rua Constante Sodré, 1323, Praia do Canto - Vitória – ES, bairro de classe média alta de acordo com a classificação da prefeitura municipal, baseada no estudo de Baptista, (2001). Apresenta um elevado índice de qualidade ambiental urbana – IQAU, de 74% de acordo com pesquisa desenvolvida por Zorzal (1998), sendo considerado o quarto melhor bairro para se morar na capital. A ocupação deste prédio, iniciada em agosto de 2007, é do tipo residencial multifamiliar, com dois apartamentos por andar (Figura 1A, 1B e 1C).



**Figura 1A: Edificação dotada de reúso**



**Figura 1B: Área permeável**



**Figura 1C: Área de lazer**

Conforme memorial descritivo, a edificação é constituída por 20 pavimentos, sendo: 1 térreo, 1 pavimento técnico, 2 pavimentos de garagem, 15 pavimentos de apartamentos e 1 cobertura, totalizando 8.427,03m<sup>2</sup> de área de construção.

No térreo está localizada a entrada principal de moradores e funcionários, havendo 121,20m<sup>2</sup> de área permeável, recepção, portaria, salão de festas, quadra de squash, copa para funcionários, além de 2 lavatórios no salão de festas e 1 W.C. na portaria.

No pavimento técnico está instalada a Estação de Tratamento de Águas Cinza (ETAC) com 27m<sup>2</sup> (Figura 2), em seguida têm-se os dois pavimentos de garagem, o primeiro com 48 vagas e o segundo com 52 vagas.



**Figura 2: ETAC em escala real instalada na edificação**

O pavimento tipo possui 174,48m<sup>2</sup> de área utilizada, sendo constituído por 4 quartos, 3 banheiros, 1 W.C., 1 lavabo, 1 sala, área de serviço, cozinha, dependência, circulação e 3 varandas.

Na cobertura encontra-se a área de lazer com piscina, sauna, churrasqueira, copa, 3 lavatórios e academia de ginástica.

O sistema hidrossanitário na edificação foi concebido de forma a coletar as águas residuárias segregadas em águas cinza e águas negras (efluentes de vasos sanitários) e duas linhas independentes e exclusivas para o abastecimento de água: uma de reúso e a outra de água potável. As águas cinza e as águas negras são coletadas por tubulações distintas e conduzidas a tratamentos diferenciados. Após o tratamento da água cinza há um reservatório inferior e outro superior para armazenagem e distribuição da água de reúso. Os reservatórios de água de reúso e água potável são independentes. Foi prevista a reversão do sistema de reúso para abastecimento com água potável, em caso de necessidade. Em caso de falta de água de reúso o reservatório de água de reúso pode ser

abastecido com água potável, para isso é necessário realizar um processo manual de abertura e fechamento de válvulas das tubulações de recalque. Não há risco de contaminação da tubulação de água potável com água de reúso, visto que a tubulação de água potável chega no reservatório do lado oposto da de água de reúso. As águas negras ou fecais são conduzidas à rede pública de esgoto sanitário. Devido ao fato da edificação ser abastecida por dois tipos de água, há uma separação para cada pavimento demonstrando o tipo de água e seus locais de uso e os acessórios que geram a água cinza que pode ser observada nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1: Pontos de consumo de água potável e não potável**

Pavimentos	Tipo de água	Acessórios	Locais de uso
Térreo	Potável	1 chuveiro e 3 lavatórios, 1 tanque e 1 pia	W.C., lavabo e copa
	Não potável	3 bacias sanitárias e 2 torneiras	W.C., lavabo e jardim
Pav. Técnico	não potável	1 torneira	ETAC
G1 e G2	Não potável	9 torneiras	Estacionamento
4º ao 18º (apartamentos)	Potável	4 chuveiros, 5 lavatórios, 1 pia, 1 tanque e 1 máquina de lavar	W.C., lavabo, cozinha e área de serviço
	Não potável	5 bacias sanitárias	W.C. e lavabo
Cobertura (área de lazer)	Potável	2 duchas, 2 lavatórios e 3 pias	Lavabo, sauna, piscina, churrasqueira e copa
	Não potável	3 bacias sanitárias e 1 torneira	Lavabo e área privativa

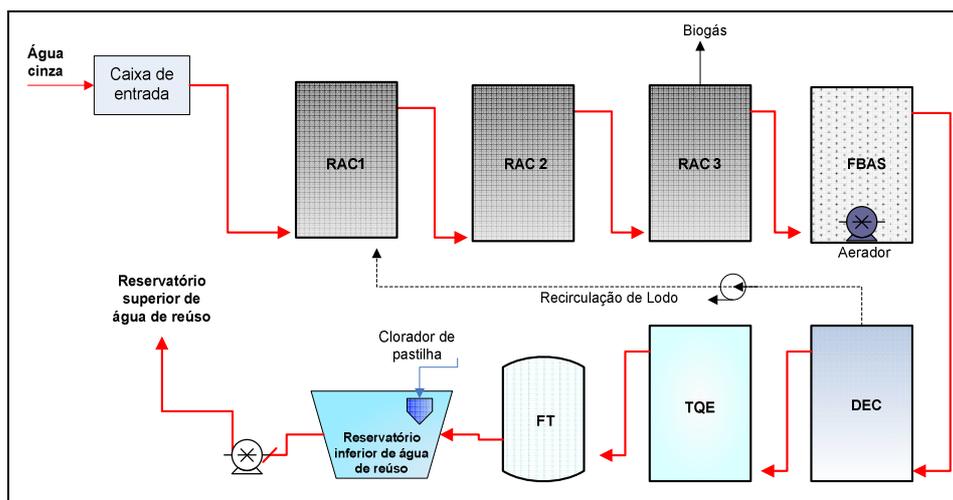
**Tabela 2: Total de acessórios que utilizam água potável ou não-potável**

Tipo de água	N de acessórios
Potável	123 Chuveiros*
	34 Pias de cozinha
	156 Lavatórios*
	30 Tanques*
	30 Máquinas de lavar roupas*
Não potável	156 Bacias sanitárias
	14 torneiras

(\*) Acessórios cujo efluente é direcionado a Estação de Tratamento de Águas Cinza.

Todo o efluente proveniente dos chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas são coletados por um ramal predial especial de coleta de águas cinza e conduzido por gravidade à ETAC.

Nesta estação de tratamento, inicialmente o efluente passa pela unidade de pré-tratamento, denominada de gradeamento (caixa de entrada), onde será retido todo o material grosseiro. Em seguida, há uma associação em série dos processos biológicos RAC (Reator Anaeróbio Compartimentado), Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS), Decantador Secundário (DEC), tanque de equalização (TQE), Filtro Terciário (FT) e Desinfecção por cloração, conforme a Figura 3.



**Figura 3: Fluxograma de funcionamento da ETAC**

O sistema hidrossanitário da edificação foi descrito por Pertel <sup>3</sup>.

## 2.2. Tratamento dos dados

Para o cálculo do balanço hídrico foi utilizado o consumo médio de água potável e de água de reúso dos apartamentos no período de abril a setembro de 2008. Para o cálculo das águas negras utilizou-se o volume de águas cinza das descargas das bacias sanitárias, o volume de água cinza que chega à ETAC, que corresponde ao consumo do chuveiro, máquina de lavar roupas, lavatórios e tanque e como efluente da cozinha foi considerado cerca de 15% do volume de água potável consumida na edificação, que de acordo com testes realizados pela DECA é o consumo aproximado de água nesse setor.

Considerou-se um valor teórico de consumo na área da cozinha, pelo fato de o efluente proveniente da pia não ser aproveitado como água cinza seguindo os princípios de Nolde (1999). Por esse motivo o efluente da cozinha segue juntamente com o da bacia sanitária para o coletor de águas servidas da concessionária, não sendo possível, com isso, mensurá-lo efetivamente.

O cálculo de “c” coeficiente de retorno, foi realizado por meio da relação entre o volume de esgoto gerado (água cinza), chuveiros, pias de cozinha, lavatórios e máquina de lavar roupas e (água negra) bacia sanitária e pia da cozinha em (L/dia) e a água consumida nos diversos setores da edificação (potável) chuveiros, pias, lavatórios, máquina de lavar e (de reúso) bacias sanitárias em (L/dia), ou seja:

$$c = V_{\text{esgoto}} / V_{\text{água}} \quad (1)$$

Para o cálculo da produção de água cinza e consumo de água de reúso e de água potável para os dias da semana, foi utilizada a média *per capita* dos valores de cada dia em (L/hab.dia<sup>-1</sup>), para o período de abril a setembro considerando-se toda a população da

<sup>3</sup> Pertel – Qualidade do consumo de água e de energia atrelada à água em uma edificação residencial dotada de um sistema de reúso de águas cinza (Capítulo 3).

edificação (70 pessoas).

Para o cálculo da setorização do consumo de água de reúso, foi utilizado o valor total consumido por setor em (m<sup>3</sup>/dia).

A manipulação dos dados de consumo de água e energia foi realizada com auxílio dos programas Microsoft Excel®, SPSS for windows 11.5 e ANL6000 – Embrasul.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Balanço hídrico

Foi realizado um balanço hídrico para determinar a quantidade de água potável consumida nos apartamentos (entrada) e a quantidade de água negra gerada (saída). Por meio da relação entre água consumida e esgoto gerado foi estabelecido o coeficiente de retorno (Tabela 3).

**Tabela 3: Balanço hídrico da edificação**

<b>Balanço hídrico</b>			
<b>Entrada (l/dia)</b>		<b>Saídas (l/dia)</b>	
Água potável	13628	Água cinza	3.092
		Água negra	3.785
		Efluente da cozinha	2.612
<b>Total de entradas</b>	<b>13.628</b>	<b>Total de saídas</b>	<b>9.489</b>

O coeficiente de retorno obtido por meio da realização do balanço hídrico da edificação é apresentado juntamente com valores definidos pela norma técnica para projetos de redes (Tabela 4).

**Tabela 4: Comparativo dos coeficientes de retorno**

<b>Local</b>	<b>Condições de obtenção dos valores</b>	<b>Coeficiente de retorno</b>	<b>Autor</b>	<b>Ano</b>
Vitória	Edificação multifamiliar	0,69	Esta pesquisa	2008
Brasil	Recomendações para projeto	0,7 a 0,8	NBR 9649	1986

O coeficiente de retorno encontrado para a edificação, se comparado a recomendados para projetos pela ABNT (1986), mostra-se menor. Assim como os valores de K1 e K2, a comparação do coeficiente de retorno encontrado na edificação com valores da literatura técnica é difícil de ser realizado por se tratar de sistemas diferentes. Porém, a comparação realizada permite inferir que o valor encontrado, possivelmente é influenciado pelo aporte de água de reúso à edificação, diminuindo assim, o volume de água potável consumido e, conseqüentemente, o volume de esgoto gerado.

### 3.2. Oferta e demanda

A água cinza é proveniente das águas residuárias do chuveiro, dos lavatórios e das máquinas de lavar roupas, coletadas por tubulações próprias. A água de reúso, proveniente do tratamento das águas cinza é utilizada para a descarga das bacias sanitárias, para limpeza da área comum, lavagem de automóveis e rega da área permeável da edificação. A produção *per capita média* (L/hab.dia<sup>-1</sup>) por dia da semana de águas cinza (oferta) e o consumo *per capita* (L/hab.dia<sup>-1</sup>) médio de água de reúso (demanda) são demonstrados na Figura 4. Foi considerada toda a população da edificação 78 pessoas.

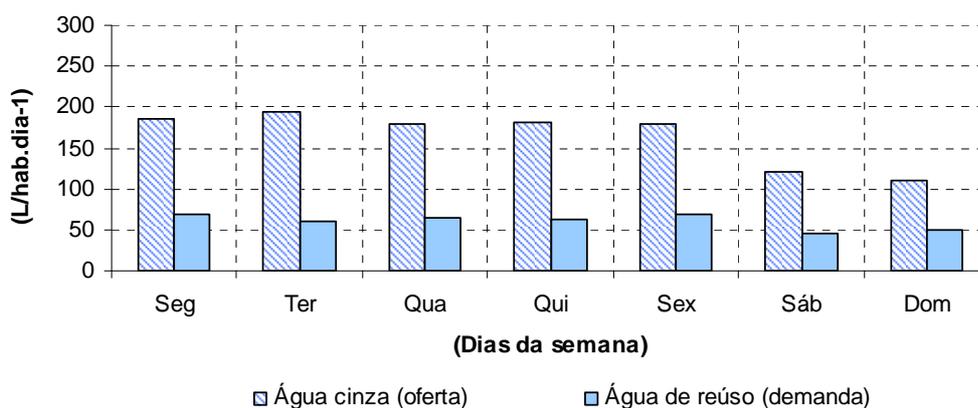
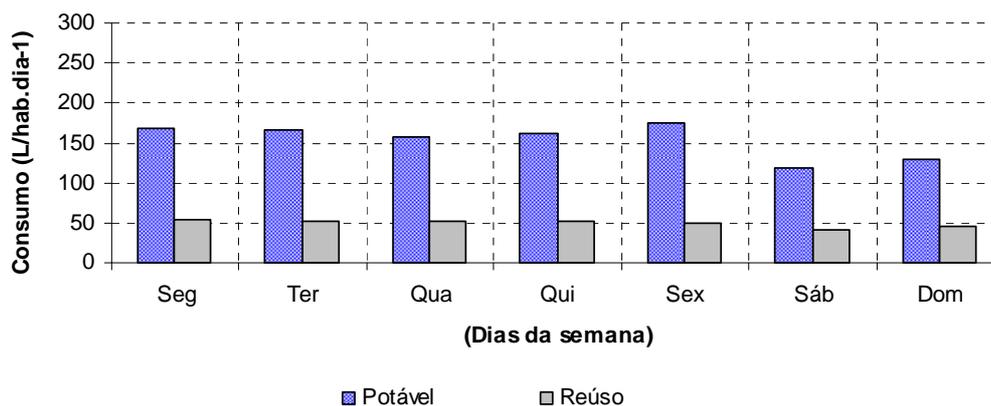


Figura 4: Oferta e demanda *per capita* de água de reúso para a edificação

A demanda de água de reúso foi suprida todos os dias da semana. A edificação possui uma demanda de cerca de 32%, havendo um excedente de aproximadamente 68% de água cinza que não são aproveitados na edificação, sendo desviada por sistema *by pass* para a rede de coleta de águas servidas do edifício. Somente com o reúso de menos da metade da água cinza tratada já há uma grande economia para a edificação, podendo ser ainda maior se parte dessa água cinza não utilizada fosse vendida à prefeitura ou à vizinhança, a um custo reduzido, para rega de praças, jardins ou ruas.

A ETAC foi projetada de acordo com os dados de população de projeto da edificação, e atualmente observa-se que a ocupação é inferior ao projetado, por esse motivo a estação possui uma capacidade de tratar uma quantidade bem superior de águas cinza do que é produzido na edificação e da quantidade de águas cinza produzida, apenas 32% são aproveitadas como água de reúso, demonstrando que a estação poderia ser mais compacta. Por esse motivo, os dados de monitoramento são muito importantes, visto que servem de subsídio para novos projetos de ETACs.

A relação entre o consumo médio semanal *per capita* (L/hab.dia<sup>-1</sup>) de água potável e o consumo médio *per capita* (L/hab.dia<sup>-1</sup>) de água de reúso é apresentada na Figura 5. Foi considerado o período de abril a setembro e toda a população da edificação (70 pessoas).

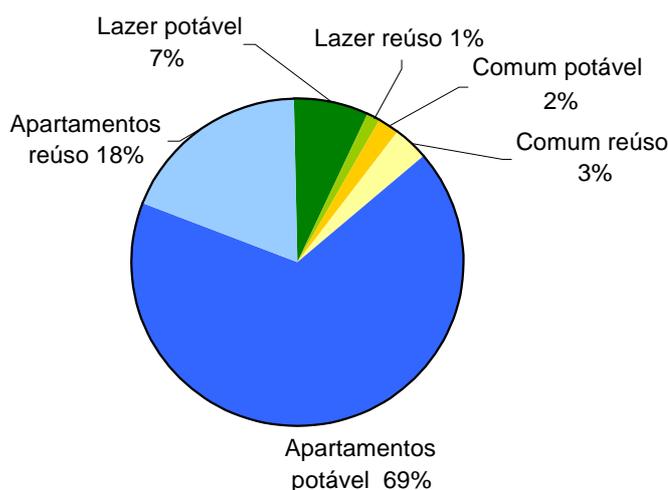


**Figura 5: Consumo per capita de água potável e água de reúso na edificação**

A água de reúso corresponde a cerca de 22% do total de água consumida na edificação. Sendo utilizada para bacias sanitárias, limpeza da área comum e rega de área permeável. Durante a pesquisa foi observado um aumento dessa proporção, e de acordo com o projeto da ETAC esse consumo pode alcançar cerca de 30%. A água de reúso proporciona um abatimento na conta de água da edificação e a possibilidade de uso de outra parcela dessa água pelos vizinhos e pela prefeitura pode aumentar ainda mais esse abatimento, principalmente na conta do condomínio.

### 3.3. Setorização do consumo de água potável e água de reúso no edifício

O consumo de água de reúso e água potável (m<sup>3</sup>/dia) na edificação é dividido em três setores: apartamentos (bacia sanitária), área de lazer (bacias sanitárias e limpeza) e área comum (bacias sanitárias, rega de área permeável e limpeza). Por meio da setorização é possível observar a distribuição desse consumo (Figura 6).



**Figura 6: Setorização do consumo de água potável e água de reúso (m<sup>3</sup>/dia) para a edificação dotada de reúso**

O consumo de água potável e de água de reúso (não potável) é maior para os

apartamentos, correspondendo cerca de 12m<sup>3</sup>/dia de água potável e 3,5m<sup>3</sup>/dia de água de reúso, aproximadamente. O consumo de água potável na área de lazer também é significativo cerca de 1,3m<sup>3</sup>/dia e deve-se ao uso do local para realização de festas e eventos do condomínio, além da limpeza e manutenção da piscina. O consumo de água de reúso neste setor, não é significativo, cerca de 0,2m<sup>3</sup>/dia, pois corresponde apenas ao consumo de duas bacias sanitárias e uma torneira de limpeza geral. A área comum, ao contrário da área de lazer, apresenta maior porcentagem de consumo de água de reúso, cerca de 3% correspondendo a aproximadamente 0,6m<sup>3</sup>/dia, sendo a mesma utilizada para a rega da área permeável (5 vezes na semana), limpeza da área comum (3 vezes na semana) e descarga de 3 bacias sanitárias. O consumo de água potável corresponde a 2% e cerca de 0,4m<sup>3</sup>/dia.

#### **4. Conclusão**

A análise do consumo de água potável e geração de esgoto sanitário na edificação resultou na obtenção de um coeficiente de retorno de 0,69, valor provavelmente influenciado pelo aporte de água de reúso no volume total de água consumida na edificação;

Do consumo total de água da edificação, 22% são de água de reúso (bacias sanitárias, rega de área permeável e limpeza externa. Observou-se, ainda, um excedente de cerca de 68% de água cinza que não é utilizada, seguindo diretamente para a tubulação coletora de águas servidas, ou seja, de toda água cinza gerada na edificação apenas 32% é utilizada;

A setorização do consumo de água potável e de reúso permite observar que o maior consumo é dos apartamentos, tanto para água potável quanto para água de reúso. A área de lazer apresenta um consumo maior de água potável que de reúso, e a área de uso comum apresenta um maior consumo de água de reúso do que de água potável;

A avaliação da produção de água cinza e do consumo de água de reúso comprovou a viabilidade desta forma de conservação dos recursos hídricos, visto que com a utilização de menos da metade do volume disponível de água cinza há uma economia significativa no volume de água consumido podem variar de 20 a 30% em uma edificação, a negociação do restante dessa água cinza tratada (água de reúso) pode acarretar uma economia maior para a edificação e, além disso, ocorre a diminuição do volume de esgoto gerado que pode contribuir para uma nova concepção de projetos de redes coletoras.

#### **5. Referências**

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário: NBR 9649. Rio de Janeiro, 1986.

KATS, G. The costs and financial benefits of green buildings, 2003. Disponível em <[www.usgbc.org](http://www.usgbc.org)>. Acesso em: 19 mar. de 2009.

TAVARES, C. Negócio sustentável. Revista construção mercado N° 55, 2006.

YANG, K. The Green Skyscraper – The basics for designing sustainable intensive buildings. Londres, 1999.

ZORZAL, F. M. B. Indicador de qualidade ambiental urbana para o município de Vitória. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1998.

## Capítulo 5

---

### 1. Discussão Geral

O consumo de água encontrado para a edificação convencional mostrou-se 67% superior ao consumo da edificação dotada de reúso, fato que ratifica a importância do uso de fontes alternativas como medida de conservação de água. O mesmo foi observado quando se comparou ao consumo da edificação convencional o consumo de edificações situadas no mesmo bairro e em bairros próximos como as descritas por Rodrigues (2005). Os resultados mostram que o consumo da edificação dotada de reúso ficou bem próximo ao consumo de edificações do tipo SIMIC e menor que os outros tipos descritos por Rodrigues (2005). Quando comparadas a edificações unifamiliares de baixa renda estudadas por Kiperstok (2008) e Philippi (2008), o consumo encontrado para ambas edificações estudadas mostrou-se superior ratificando as informações da literatura técnica sobre a diferença de consumo entre as diferentes classes sócio-econômicas. O consumo de ambas edificações avaliadas mostrou-se inferior apenas quando comparados ao consumo de edificações multifamiliares no Texas, descrito por Mayer (1999), e edificações multifamiliares de luxo, descritas por Macintyre (1996).

A avaliação do consumo mensal permitiu inferir que nos meses de inverno há um maior consumo de água para as duas edificações avaliadas (com reúso e convencional), fato que se deve provavelmente a um maior volume de água consumido em banhos mais prolongados, maior volume de água quente na mistura e, além disso, para a edificação convencional, há um maior volume de água utilizado para limpeza externa, visto que no período de inverno há uma menor frequência de chuvas na Capital do estado (INMET). O consumo semanal é semelhante entre as edificações, havendo uma queda nos finais de semana, visto que a maior parte dos moradores não permanecem nos imóveis. Os dias iniciais da semana, segunda e terça são os dias de maior consumo, provavelmente devido à lavagem de roupas acumuladas no final de semana, à limpeza dos apartamentos e outros serviços domésticos que demandam água.

Quando avaliado o consumo energético do recalque, verificou-se que esse setor apresenta um gasto significativo no consumo de energia da edificação como um todo, correspondendo a 8% no edifício convencional e 7% no dotado de reúso. Foram analisados o período de funcionamento dessas bombas de recalque, os horários de acionamento e o tempo em que funcionavam por acionamento, além do volume recalcado. Essa análise permitiu inferir que ocorre cerca de um acionamento por dia em horário dito de ponta entre 18-21h (ANEEL), no qual o valor da energia é maior, surgindo com isso a idéia de automatização dos acionamentos para horários de não ponta. A mesma análise possibilitou a geração de indicadores de consumo (kWh/m<sup>3</sup>) que relaciona o valor energético do m<sup>3</sup> de água recalcada. Novamente o indicador da

edificação convencional mostrou-se superior à edificação dotada de reúso, 1,40kWh/m<sup>3</sup> e 0,88 kWh/m<sup>3</sup>, respectivamente.

As perdas foram observadas por meio da setorização do consumo de água, na edificação dotada de reúso foi observado um excedente de 1,88m<sup>3</sup>/dia, entre o hidrômetro geral e o reservatório superior. Possivelmente, esse volume é perdido em vazamentos não visíveis, visto que a rega de jardim e limpeza externa, locais para onde parte desse volume poderia ser utilizado, são abastecidos com água de reúso, configurando assim a possível perda. O mesmo não foi observado para a edificação convencional uma vez que o excedente, neste mesmo setor, é de 0,62m<sup>3</sup>/dia que representa volume compatível ao gasto para rega da área permeável e limpeza da área externa da edificação. Por meio da busca de perdas entre o setor 2, ou seja, aquele que compreende o volume registrado pelos medidores nas colunas de distribuição e o consumido pelos apartamentos, área de lazer e área comum, pode ser constatado um provável erro de leitura nos hidrômetros instalados nessas colunas para ambas edificações, sendo que para a edificação convencional esse erro foi maior (3,38m<sup>3</sup>/dia) que o encontrado na dotada de reúso (0,12m<sup>3</sup>/dia). Essa diferença entre os erros de medição nas duas edificações ocorreu possivelmente, devido ao volume de água que passava pelos medidores, visto que na edificação convencional há duas colunas de abastecimento, uma abastece os apartamentos do 20º andar ao 14º andar e a outra coluna do 13º andar ao pavimento térreo, enquanto na edificação dotada de reúso há apenas uma coluna de água potável que abastece os 30 apartamentos, recebendo dessa forma um maior volume de água que no convencional.

Além dessas avaliações de perdas foi realizado o acompanhamento do consumo dos apartamentos entre 2 e 4h, visto que, de acordo com Gonçalves e Alvim (2005) a vazão mínima noturna é o principal indicador do nível de perdas, principalmente em áreas residenciais. Com esse monitoramento foi obtido um consumo de 750L para a edificação convencional e de 700L para a edificação dotada de reúso, porém o estudo detalhado desses consumos mostrou que não se tratam de perdas por vazamentos, uma vez que são consumos esporádicos entre os apartamentos e não contínuos.

O estudo do consumo de água potável entre as duas edificações demonstrou a importância do incremento da água de reúso no consumo da edificação que é de cerca de 22% apenas, podendo chegar até a 30% de acordo com a FLUIR ENGENHARIA (construtora da estação). Além disso, a edificação com reúso utiliza apenas 32% da água cinza gerada como água de reúso, o que mostra que a economia pode ser ainda maior se esses 68% não aproveitados fossem transformados em água de reúso.

## 2. Conclusão geral

A avaliação da qualidade de consumo de uma edificação residencial convencional permitiu verificar a distribuição horária, diária e mensal do consumo de água, além da influência sazonal. Com a distribuição do consumo foi possível observar certas rotinas dos moradores e empregados domésticos ao longo do dia. A edificação apresentou um consumo relativamente elevado de água, se comparado ao consumo de edificações do mesmo bairro e bairros adjacentes verificado pela literatura técnica. A edificação não apresentou desperdícios de água, verificado com a setorização do consumo e com o monitoramento de 2 às 4h. O monitoramento energético das bombas de recalque associado ao consumo de água permitiu o cálculo de um indicador de consumo ( $\text{kWh/m}^3$ ) que visou descobrir o valor referente ao recalque de água pago na conta de energia pelos usuários.

O incremento do reúso em uma edificação residencial semelhante à convencional, em termos construtivos, de localização e de renda dos moradores foi importante para a verificação dos benefícios acarretados com a reutilização da água cinza, ou seja, diminuição do consumo de água potável e conseqüente diminuição do volume de esgoto produzido e lançado na rede coletora pública. Assim, como na edificação convencional, a avaliação da qualidade do consumo possibilitou inferências sobre a distribuição do consumo e sobre o comportamento de moradores e empregados domésticos. O consumo de água de reúso representou um ganho muito grande principalmente para o condomínio que passou a utilizar essa água para a maior parte das tarefas relativas à limpeza e rega de área permeável, o que acarreta uma redução de taxas para os moradores da edificação. Assim como na edificação convencional foi realizado o levantamento de perdas, sendo verificado a existência de vazamento não visível entre o medidor geral e o reservatório superior.

A implantação do sistema de reúso de águas cinza na edificação mostrou-se uma maneira eficiente de conservação de água, tendo em vista que houve uma redução do consumo de água potável quando comparada a uma edificação convencional, para todos os períodos avaliados.

Além da economia já alcançada na edificação foi observado um potencial de aumento dessa economia, tendo em vista que apenas 32% da água cinza são aproveitadas como água de reúso. O excedente de água cinza (68%) que a edificação ainda não conseguiu absorver poderia ser utilizado pela vizinhança, ou pela própria prefeitura a um custo reduzido para rega de praças, ruas e outros fins, contribuindo para amortizar em menos tempo o investimento feito pelo condomínio na implantação do sistema.

Outro ganho importante com a utilização da água de reúso é a diminuição do volume de esgoto gerado, fator que pode contribuir para a elaboração de novos projetos de redes coletoras adaptadas a essa nova realidade de consumo.

### **3. Recomendações**

Avaliar a produção de esgoto sanitário, fechando assim o balanço hídrico completo de uma edificação;

Realizar uma análise de viabilidade econômica do reúso de águas cinza para a edificação, considerando inclusive a substituição de equipamentos e alteração das formas de tratamento aeróbico e anaeróbico;

Quantificar de maneira remota (dataloggers) o consumo de água nas edificações, obtendo de forma mais precisa os horários de maior consumo e um melhor controle de perdas;

Desenvolver um programa para o aproveitamento do excedente de água cinza produzida na edificação;

Realizar a caracterização social da população residente nas edificações avaliadas, por meio de questionários destinados aos moradores e funcionários.

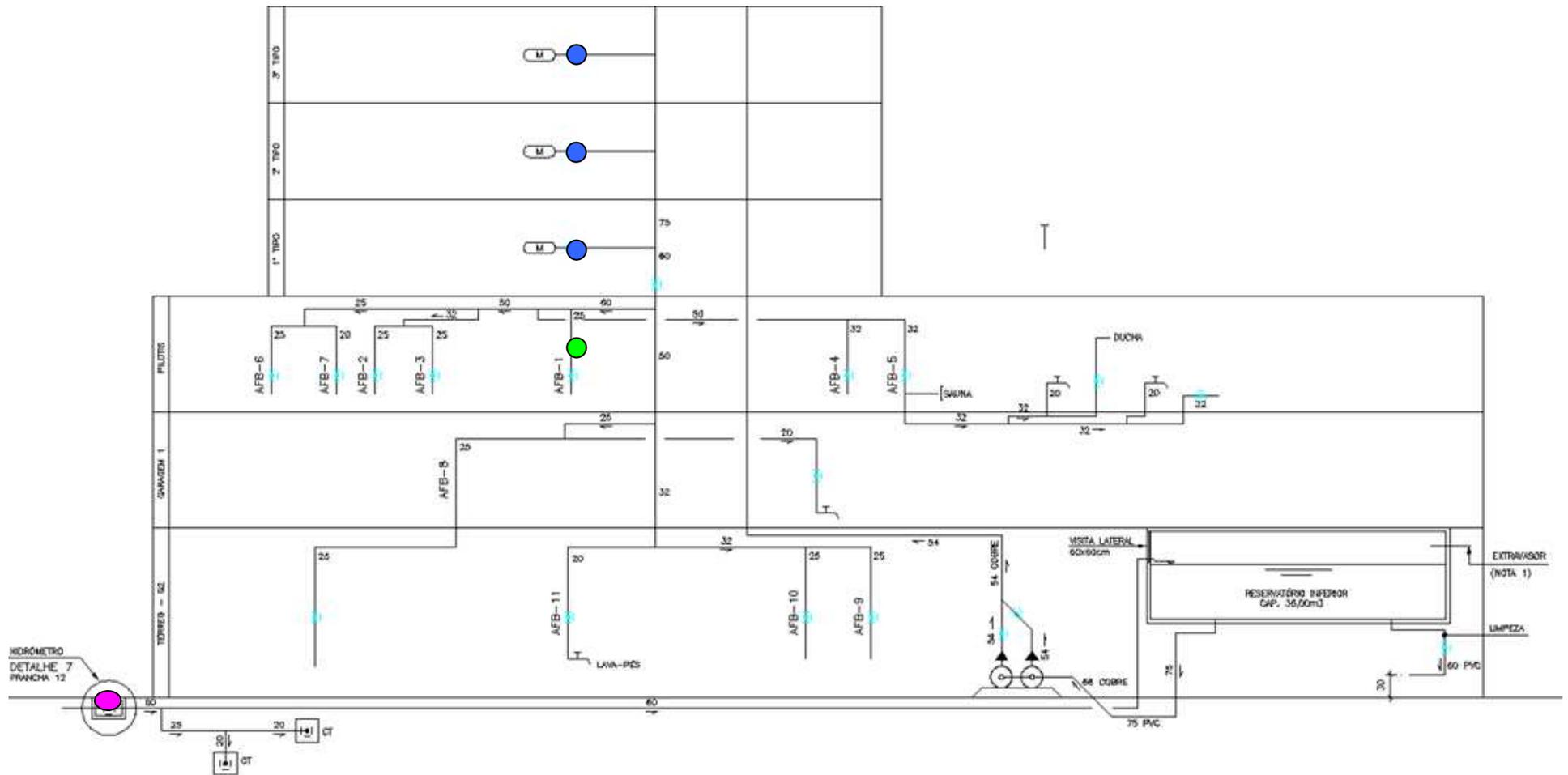
## Anexos

---

<b>Anexo 1:</b> Esquema da distribuição dos hidrômetros – Edificação convencional (Colunas e individuais).....	94
<b>Anexo 2:</b> Esquema da distribuição dos hidrômetros – Edificação convencional (Lazer e Geral).....	95
<b>Anexo 3:</b> Esquema da distribuição dos hidrômetros – Edificação com reúso.....	96
<b>Anexo 4:</b> Sumário de dados processados do hidrômetro Geral da edificação convencional (m <sup>3</sup> /dia).....	97
<b>Anexo 5:</b> Sumário de dados processados da soma dos hidrômetro individuais da edificação convencional (m <sup>3</sup> /dia).....	99
<b>Anexo 6:</b> Sumário de dados processados do hidrômetro Geral da edificação com reúso (m <sup>3</sup> /dia).....	101
<b>Anexo 7:</b> Sumário de dados processados da soma dos hidrômetro individuais da edificação com reúso(m <sup>3</sup> /dia).....	103
...	

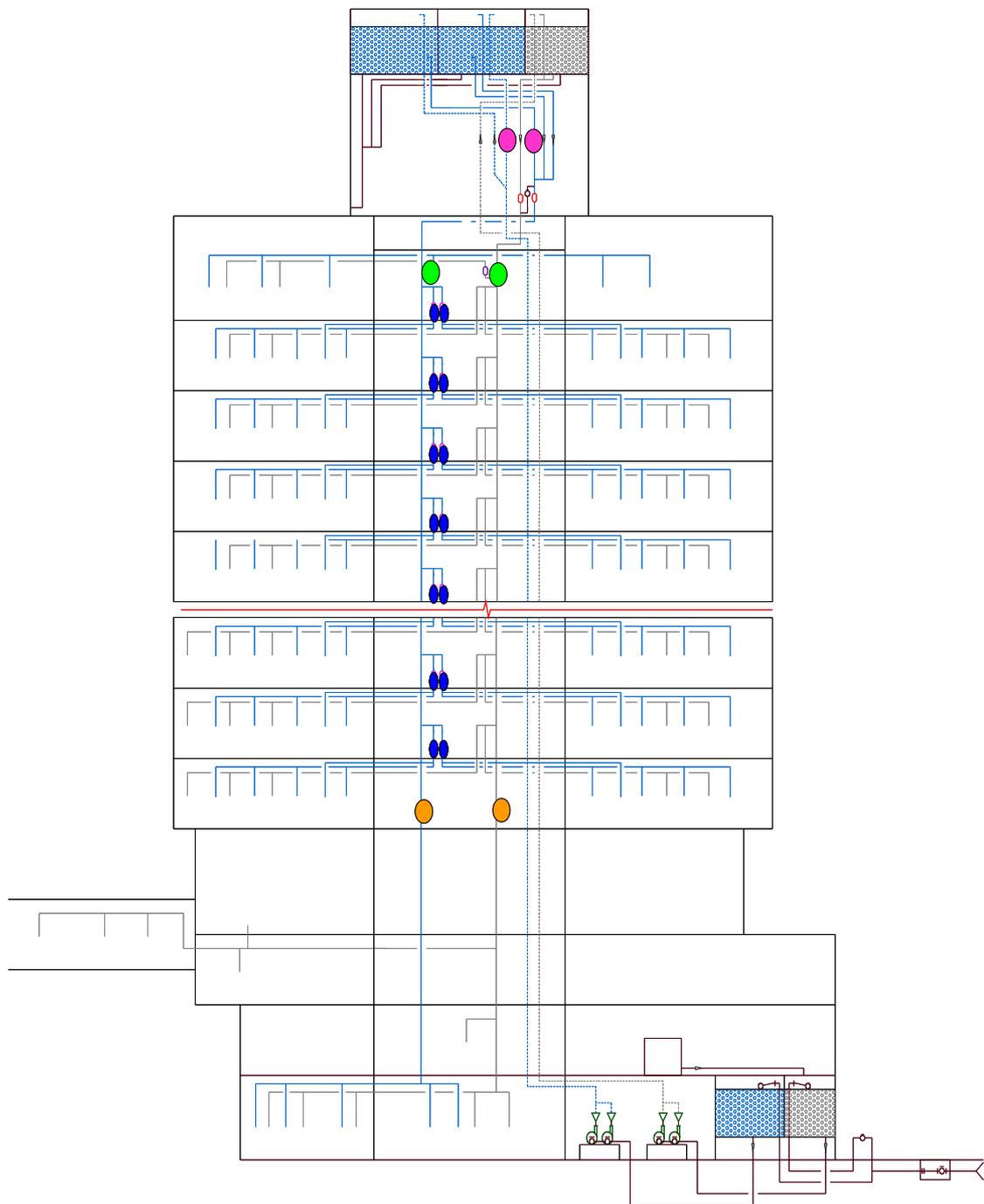






**Anexo 2: Esquema de distribuição dos hidrômetros – Edificação convencional (Lazer e Geral)**

- \* Hidrômetros individuais dos apartamentos (água quente e água fria)
- \* Hidrômetro área de lazer
- \* Hidrômetro geral da concessionária



**Anexo 3: Esquema da distribuição dos hidrômetros – Edificação com reúso**

- \* Hidrômetros das colunas
- \* Hidrômetros da área de lazer
- \* Hidrômetros individuais
- \* Hidrômetros área comum

**Anexo 4: Sumário de dados processados do hidrômetro Geral da edificação convencional (m<sup>3</sup>/dia)**

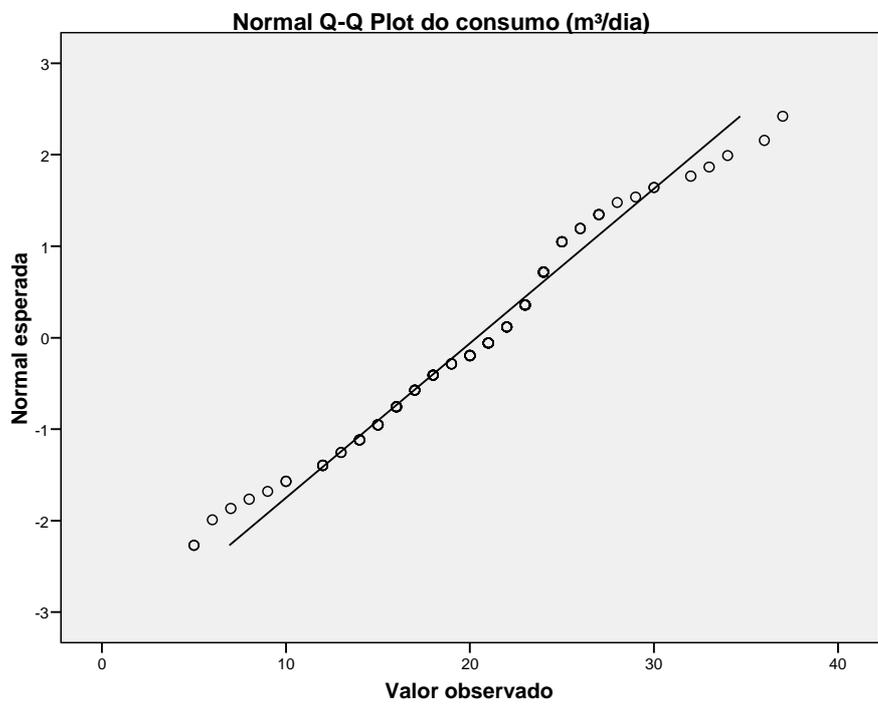
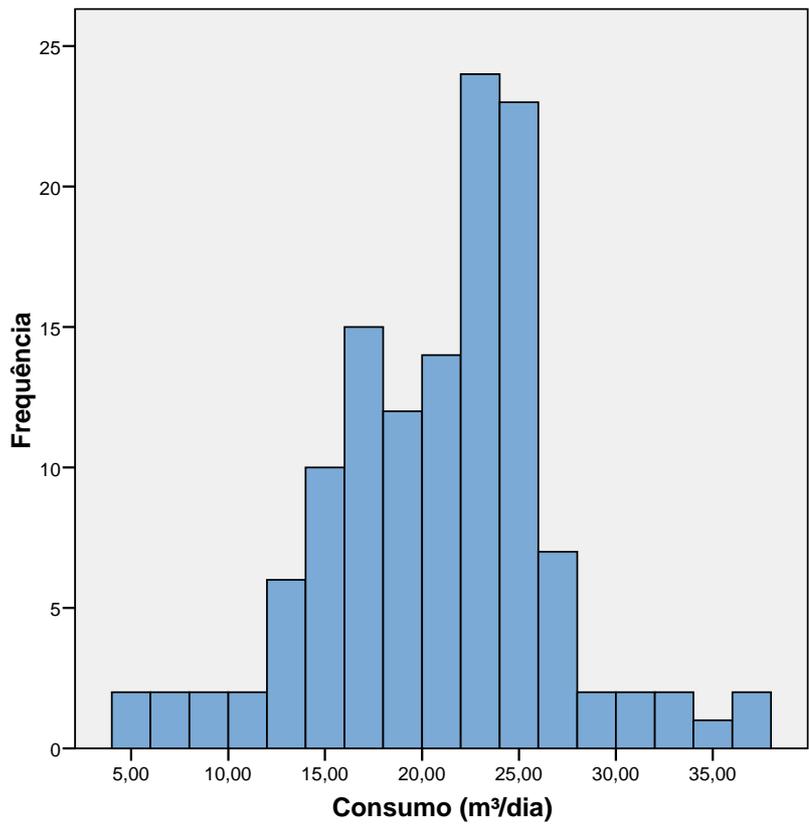
	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Percentual	N	Percentual	N	Percentual
Consumo (m <sup>3</sup> /dia)	128	100,0%	0	,0%	128	100,0%

**Descritiva**

			Estatística	Erro
Consumo (m <sup>3</sup> /dia)	Média		20,3594	,52318
	95% Intervalo de confiança para a média	Lower Bound	19,3241	
		Upper Bound	21,3946	
	5% Trimmed Mean		20,3819	
	Mediana		21,0000	
	Variancia		35,035	
	Coeficiente de variação		5,91905	
	Mínimo		5,00	
	Máximo		37,00	
	Faixa		32,00	
	Faixa interquartil		8,00	
	Skewness		-,140	,214
	Kurtosis		,620	,425

**Teste de normalidade**

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	N	Valor tabelado	Estatística	N	Valor tabelado
Consumo (m <sup>3</sup> /dia)	,069	128	,005	,798	128	,044



**Anexo 5: Sumário de dados processados da soma dos hidrômetros individuais da edificação convencional (m<sup>3</sup>/dia)**

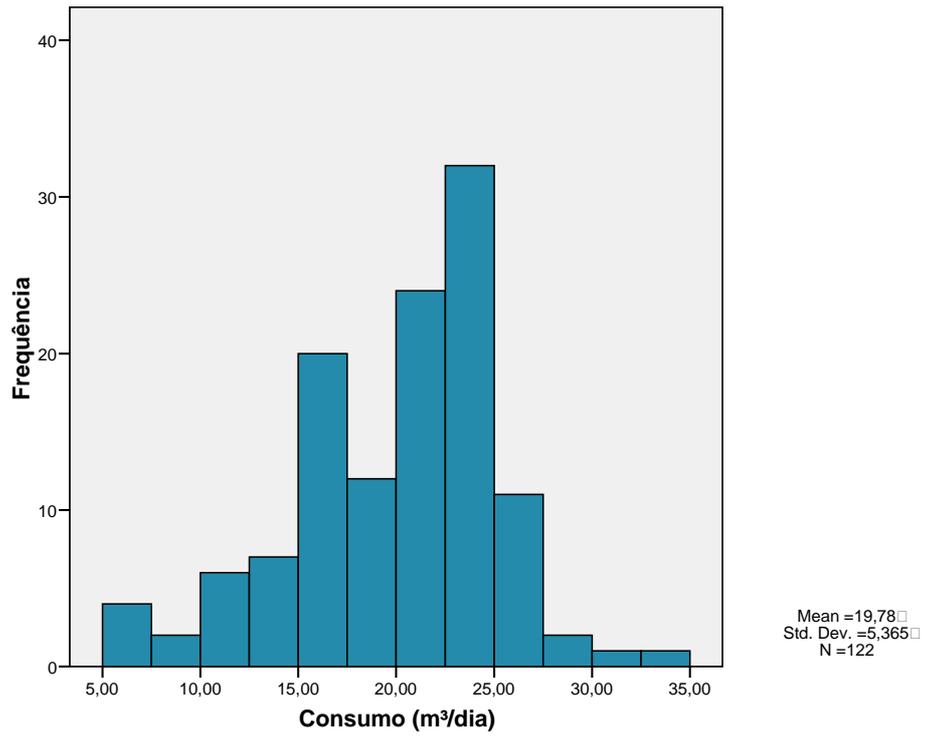
	Casos					
	Validos		Perdidos		Total	
	N	Percentual	N	Percentual	N	Percentual
Consumo (m <sup>3</sup> /dia)	122	67,4%	59	32,6%	181	100,0%

**Descritiva**

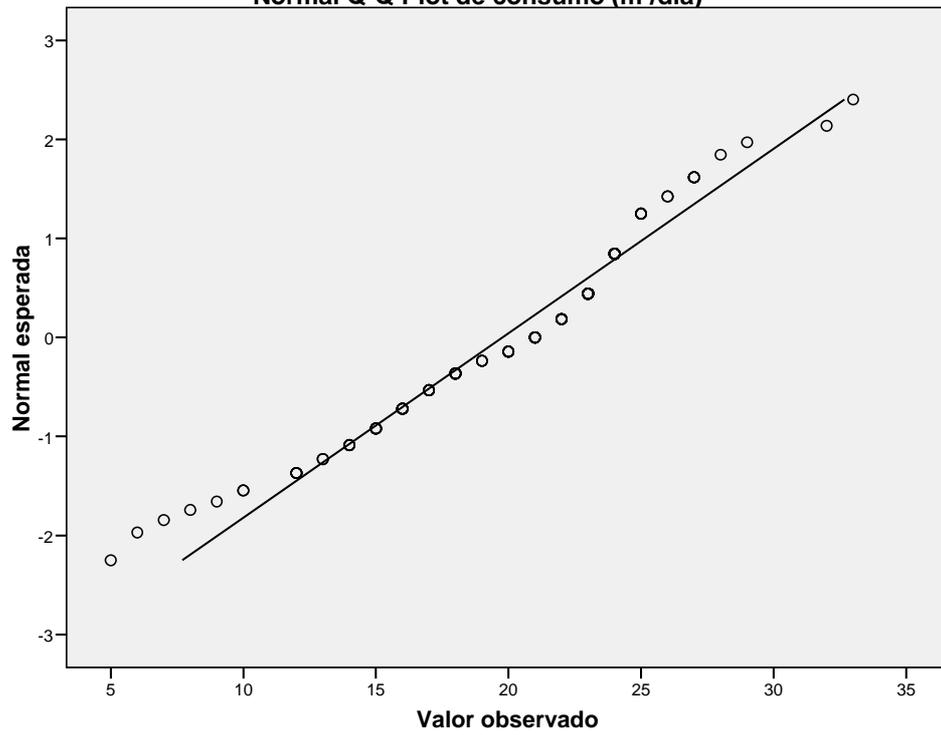
			Estatística	Erro
Consumo (m <sup>3</sup> /dia)	Media		19,7787	,48574
	95% Intervalo de confiança da média	Banda menor	18,8170	
		Banda maior	20,7403	
	Mediana		21,0000	
	Variância		28,785	
	Desvio padrão		5,36520	
	Mínimo		5,00	
	Maximo		33,00	
	Faixa		28,00	
	Faixa interquartil		8,00	
	Skewness		-,570	,219
	Curtosi		,364	,435

**Teste de normalidade**

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	N	Valor tabelado	Estatística	N	Valor tabelado
Consumo (m <sup>3</sup> /dia)	,128	122	,000	,960	122	,001



Normal Q-Q Plot de consumo (m³/dia)



**Anexo 6: Sumário de dados processados do hidrômetro Geral da edificação com reúso (m<sup>3</sup>/dia)**

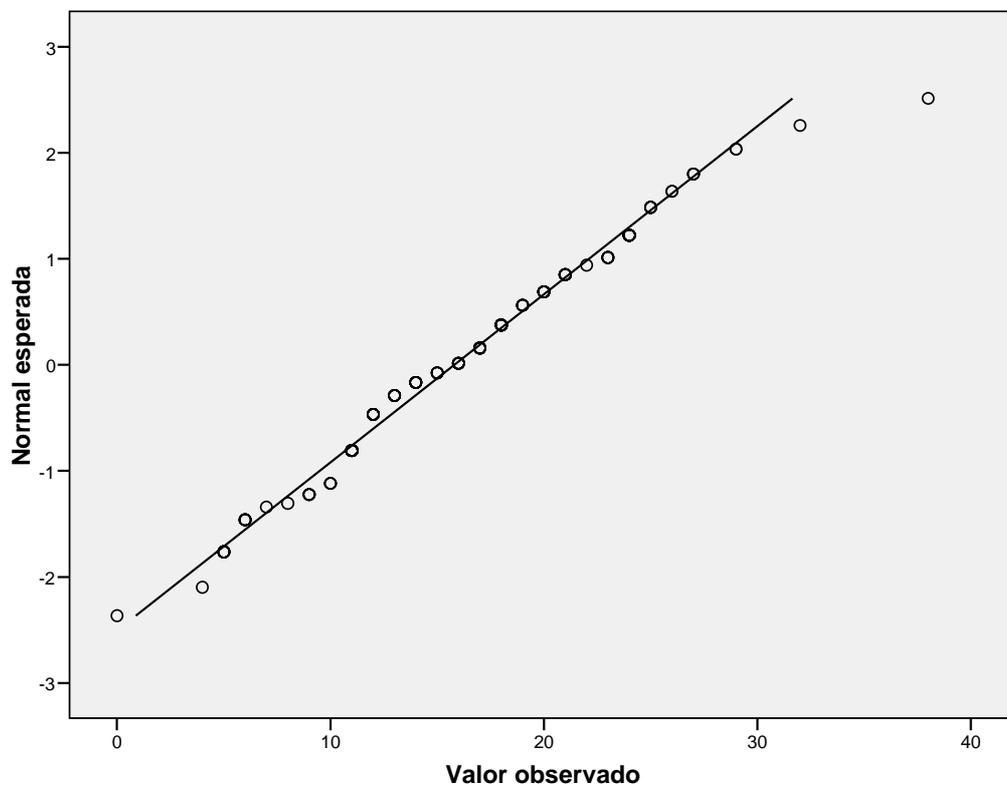
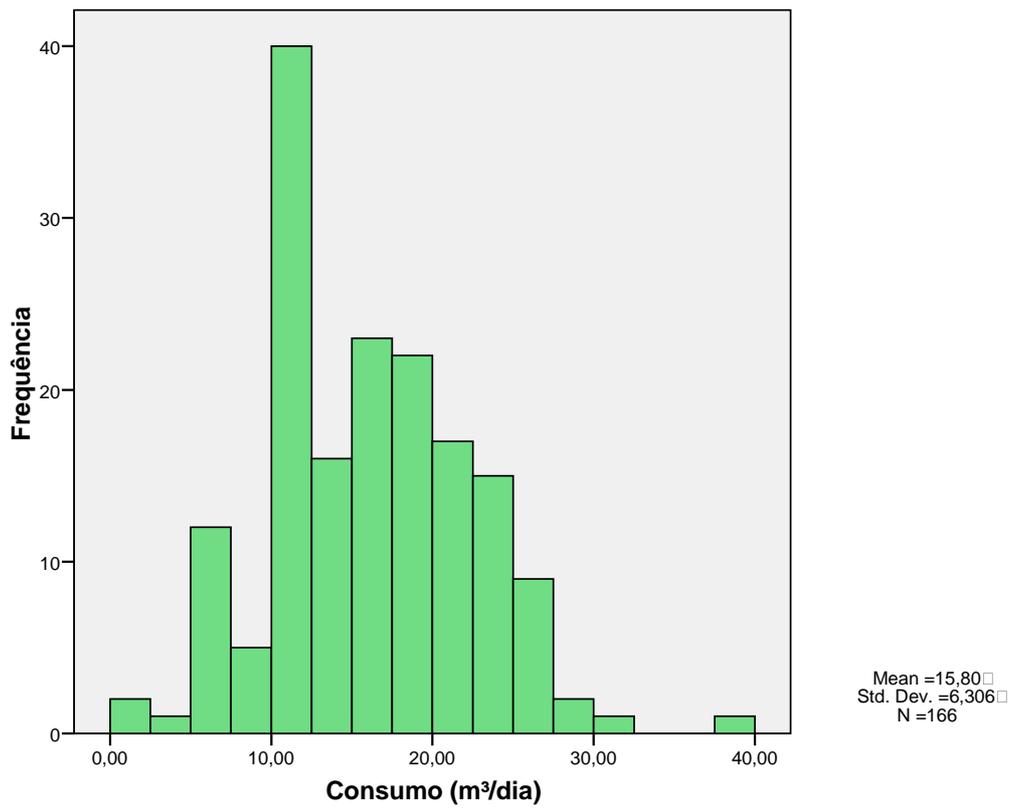
	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Percentual	N	Percentual	N	Percentual
Consumo (m <sup>3</sup> /dia)	166	99,4%	1	,6%	167	100,0%

**Descritiva**

			Estatística	Erro
Consumo (m <sup>3</sup> /dia)	Média		15,8012	,48941
	95% Intervalo de confiança da média	Banda menor	14,8349	
		Banda maior	16,7675	
	Mediana		16,0000	
	Variância		39,760	
	Coefficiente de variação		6,30557	
	Mínimo		,00	
	Maximo		38,00	
	Faixa		38,00	
	Faixa interquartil		9,00	
	Skewness		,257	,188
	curtosi		,316	,375

**Testes de normalidade**

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	N	Valor tabelado	Estatística	N	Valor tabelado
Consumo (m <sup>3</sup> /dia)	,088	166	,003	,983	166	,040



**Anexo 7: Sumário de dados processados da soma dos hidrômetros individuais da edificação com reúso (m³/dia)**

	Casos					
	Validos		Perdidos		Total	
	N	Percentual	N	Percentual	N	Percentual
Consumo (m³/dia)	166	99,4%	1	,6%	167	100,0%

**Descritiva**

			Estatística	Erro
Consumo (m³/dia)	Media		12,4687	,26860
	95% Intervalo de confiança	Banda menor	12,0244	
		Banda maior	12,9130	
	Mediana		12,5500	
	Variância		11,976	
	Coeficiente de variação		3,46061	
	Mínimo		2,02	
	Maximo		26,22	
	Faixa		24,20	
	Faixa interquartil		4,99	
	Skewness		,199	,188
	Curtosi		,638	,375

**Teste de normalidade**

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	N	Valor tabelado	Estatística	N	Valor tabelado
Consumo (m³/dia)	,055	166	,200	,982	166	,026

